

## Capítulo 2 El Ambiente Propicio para la Producción Forestal

El ambiente propicio para realzar la productividad de los bosques tropicales depende de los valores forestales, la idoneidad de los terrenos y las metas de producción. Este capítulo trata principalmente del ambiente físico requerido para la producción forestal y de cómo desarrollarlo. El interés reciente del público por los bosques agrega una característica específica del ambiente, la cual se discutirá en detalle en el capítulo 10. Es necesario reconocer, sin embargo, que alcanzar la productividad de los bosques tropicales, de manera que satisfaga las necesidades humanas en la escala apropiada, pasa por una modificación de los bosques y el establecimiento de plantaciones. Es imprescindible que tales modificaciones y nuevas prácticas sean aceptables para el público; por consiguiente, se deberán cumplir estándares silviculturales que perpetúen la productividad del recurso fundamental, el suelo. Además el público deberá entender no sólo lo que se está haciendo, sino también el por qué, y aceptar las probables consecuencias. Sin tal entendimiento y aceptación, la producción forestal no será efectiva ni se aplicará en la escala necesaria para cubrir la demanda del futuro.

### Valores forestales

Se cree que la evolución inicial del *Homo sapiens* tuvo lugar en las orillas de un bosque tropical o subtropical (Leakey 1964, citado por Longman y Jenik 1974). Más tarde, las tribus penetraron en los bosques en busca de alimento y refugio en tiempos de conflictos. Por milenios, los bosques han desacelerado el movimiento del agua, precipitado sedimentos, capturado nutrientes y depositado el suelo, del cual dependen los pueblos tropicales para su subsistencia. El potencial agrícola creado por los bosques determina el nivel de desarrollo que alcance una cultura humana (Meggers 1954). La presencia o ausencia de cobertura forestal podría decidir el destino final de los seres humanos (Sartorius y Henle 1968). La América Tropical sin bosques probablemente no habría podido sostener la vida humana.

La zona forestal más grande de América Tropical, las llanuras o tierras bajas del Amazonas, sólo han sido habitadas unos pocos milenios (Sioli 1973). Los habitantes evidentemente llegaron como cazadores y pescadores, recolectores de plantas alimenticias en las tierras altas, y adoptando la agricultura hasta un cierto punto (Sternberg 1968). Ya que eran poco numerosas, las tribus podían satisfacer sus necesidades sin afectar seriamente el ecosistema forestal. La explotación estaba

concentrada a lo largo de los ríos y en bosques tipo “varzea” (bosques anegados durante ciertas estaciones). Los ríos eran tan grandes que sus aguas digerían completamente los desechos humanos, y en muchas zonas hasta hace poco el agua de río todavía se podía beber sin peligro de sufrir infecciones intestinales (Sioli 1973).

La población de la América Tropical no sólo ha alcanzado una cantidad sin precedentes —399 millones en 1990 (Anón. 1993b)— sino que su crecimiento ha sido muy rápido, aumentando a una tasa anual promedio de 2,7% (Anón. 1976k). La densidad promedio de la población, 18 personas por kilómetro cuadrado, es parecida a la del África tropical (16 pers/km<sup>2</sup>), pero mucho menor que la de la zona tropical del Asia y del Pacífico (82 pers/km<sup>2</sup> (Anón. 1993b).

**Los bosques y el ambiente humano.** En tiempos antiguos, el bosque tropical proporcionaba un ambiente favorable donde los seres humanos podían habitar. Las zonas cercanas a los ríos y fuentes naturales de recursos alimenticios generalmente eran forestadas. A medida que la población aumentaba y la competencia entre tribus por los recursos se comenzaba a sentir, el bosque les proporcionaba refugio y protección. Los pueblos indígenas que subsisten en América Tropical todavía usan el bosque de ese modo. Los bosques tropicales proporcionan (además de madera), material para bardas, cestos, cordaje, ornamentos, canoas, almidón, aceite, alimentos de origen vegetal y animal, pegamentos, pigmentos, caucho, condimentos, medicinas y venenos (Fig. 2-1, 2-2; Levi-Strauss 1952).

Sólo recientemente los seres humanos han comenzado a descubrir la importancia del bosque como creador y conservador de un ambiente vital para la supervivencia humana (Poore 1976b). El bosque constituye una reserva de capital genético; en su interior permanece oculto el secreto de otros recursos naturales cuyos posibles usos aún se desconocen, además de oportunidades para su preservación, producción y utilización. Llegar a conocer el sinnúmero de especies protegidas por los bosques, además de donde ocurren, su comportamiento y posibles beneficios, es esencial para el uso completo de estos recursos. Sin embargo, en muchas zonas tales conocimientos se han perdido con la transición de los pueblos primitivos del bosque a sociedades modernas. Muchos bosques han sido destruidos antes de que se reconociera plenamente su posible utilidad.



**Fig. 2-1.**—*Los troncos de casi todos los árboles del chicozapote (Manilkara zapota) en México y Centroamérica han sido repetidamente sangrados para obtener el látex, base de la goma de mascar.*

Los bosques absorben y utilizan de manera productiva la radiación solar; mejoran al microclima reduciendo los extremos de la temperatura y la humedad disponible. Además, según Woodwell (1970) los bosques ejercen efectos significativos sobre el macroclima (equilibrio del carbono en la atmósfera), pero todavía no ha sido comprobado (Newell 1971). Los bosques absorben las partículas y sustancias nocivas de la atmósfera (Cliff 1973); pueden reducir el nivel de los ruidos; albergan organismos capaces de causar epidemias, enfermedades y pestes dañinas para los seres humanos, pero también otros organismos naturales que proporcionan medios para prevenir o controlar tales epidemias. Los bosques también actúan como depósitos efectivos aunque limitados de desechos humanos, algo que generalmente no se reconoce (van der Ploeg y Vlijm 1978). Cerca de grandes centros de población urbana se han usado deliberadamente sistemas de bosques naturales, tales como los manglares, para digerir y reciclar desechos. En resumen, los bosques tropicales sirven como amortiguadores gigantes y resistentes que reducen los extremos ambientales, y que, dentro de ciertos límites, compensan el daño causado por la intervención humana (Fig. 2-3).



**Fig. 2-2.**—*Los manglares proporcionan una fuente localmente accesible y muy productiva de postes derechos para la construcción.*

La gente recién está comenzando a comprender la red de la vida —las interrelaciones entre las especies— en los ecosistemas forestales. Estos nuevos conocimientos serán vitales para la preservación de muchas especies y para su propagación mediante el manejo humano (Budowski 1976).

La vida animal juega un papel esencial, aunque sutil, en el mantenimiento del equilibrio del bosque. Muchas especies de árboles desaparecerían si no fuese por la



**Fig. 2-3.**—*A pesar de la expansión urbana, los bosques siguen siendo compañeros valiosos en el norte de Puerto Rico.*

polinización y dispersión de semillas efectuados por la fauna. Además, la descomposición de la hojarasca forestal es, en parte, el trabajo de la microfauna. Los demás papeles que la fauna juega para preservar el equilibrio de los elementos menos conspicuos del bosque son probablemente vitales para el bienestar y poder restaurador de los ecosistemas forestales.

La fauna forestal proporciona beneficios sociales también. Para los cazadores, tanto primitivos como modernos, la fauna constituye un recurso no sólo alimenticio sino también deportivo. En todo el neotrópico, la mayoría de los animales y pájaros viven en el bosque. En la Amazonia, algunos agricultores efectúan la rotación de sus cultivos con base en un ciclo de 20 años (aunque los suelos se rejuvenecen cada 12 años) para permitir cultivos sucesivos más avanzados de la vegetación que benefician a la fauna del bosque (Posey 1982). A lo largo de los ríos principales, los animales acuáticos comestibles pueden depender grandemente, no sólo de la estabilidad de las orillas proporcionada por las raíces de los árboles, sino también de la comida proveniente de los desechos del bosque que caen al agua. La fauna silvestre del bosque tropical es estéticamente mucho más atractiva de lo que indicaría su uso actual; sin embargo, su conservación ya constituye una razón principal de inquietud entre el público.

Los ecosistemas del bosque tropical son muy eficaces en cuanto al uso y preservación de la energía y otros recursos y han desarrollado mecanismos intrincados para prevenir y reparar daños. Además, constituyen un campo de estudio científico provocador y prometedor. Los estudios de los ecosistemas forestales deberían rendir conocimientos que fomenten el progreso humano en muchos frentes distintos.

**Los bosques y el agua.** La contribución de los bosques al suministro del agua se atribuye comúnmente a algún efecto directo que estos ejercen sobre el volumen de precipitación. La magnitud de este efecto sigue siendo de carácter dudoso, por una parte, porque sólo se han intentado unos pocos estudios y por otra debido a que es difícil eliminar la variabilidad tanto del sitio como del tiempo. Los resultados sugieren que la mayoría de los efectos son de carácter local. El hallazgo de que gran parte de la precipitación de la zona occidental de la Amazonia es agua transpirada por los bosques a barlovento (Villa Nova *et al.* 1976), puede sugerir —pero no comprueba— que el volumen de la precipitación hubiera sido menor, si fuera resultado de la transpiración de otra vegetación diferente de los bosques, o si tal

evaporación hubiera provenido de zonas sin cobertura forestal.

En realidad, el efecto más importante de los bosques sobre el agua precipitada es la eliminación, una vez que la lluvia cae sobre el bosque. Parte de la precipitación es interceptada por el dosel del bosque y se evapora. La interceptación de la lluvia por parte del dosel del bosque varía con la densidad del dosel y la intensidad y duración de la lluvia. Si la precipitación consiste de aguaceros cortos y ligeros, toda el agua puede permanecer en el denso dosel forestal y evaporarse. Mediciones durante un largo período sugieren que, en bosques cerrados, alrededor del 15 al 20% del agua de lluvia permanece en el dosel (Kline *et al.* 1968, Lawson *et al.* 1981). Se ha discutido largamente si esta lluvia “perdida” beneficia o no al ecosistema. La evaporación enfría la vegetación y el aire, y se supone que reduce la pérdida de agua sobre el suelo por transpiración. La vegetación húmeda es de color más oscuro que la vegetación seca, y por eso absorbe más energía solar; esto sugiere que sin evaporación al menos parte de la energía requerida por el ecosistema no hubiera estado disponible (Satterlund 1972). Además, la difusión del agua interceptada requiere menos energía que la transpiración.

Estudios efectuados en la Amazonia brasileña demuestran que el 62% del agua desaparece con la evapotranspiración, el 90% de la cual se debe a un delicado balance de energía (Villa Nova *et al.* 1976). Debido a que el ciclo hidrológico está tan íntimamente relacionado con la presencia de bosques, la deforestación en general puede acarrear serias consecuencias.

La hojarasca que se acumula en el suelo del bosque absorbe el impacto físico de las lluvias torrenciales y la descarga suavemente al suelo (Fig. 2-4). Este efecto amortiguador impide, por lo general, que el agua se llene de partículas de tierra suspendidas que obstruyen los poros del suelo. Además, la hojarasca en descomposición enriquece el agua que penetra el suelo y transporta organismos que producen las capas superiores de suelo. Estos procesos son la contribución más evidente de los bosques al suministro de agua (Fig. 2-5). La eliminación de agua del suelo es mayor en bosques con árboles de raíces profundas y altas tasas de transpiración. Entre tormentas, los suelos forestales porosos son muy receptivos a las nuevas lluvias.



**Fig. 2-4.**—*Los bosques tienen una capacidad inigualable de promover la infiltración del agua de lluvia en el suelo, la cual alivia el peligro de inundaciones y descarga gradualmente un flujo constante y libre de sedimentos.*

El agua que cae durante las tormentas, generalmente recibida en torrentes, puede arrastrar la hojarasca y la capa superficial de suelo, si el agua no se infiltra rápidamente. Esta infiltración genera la vida misma del trópico. Es ella la que mantiene el bosque sobre el suelo, corre por sendas subterráneas para reaparecer gradual y continuamente como fuentes que alimentan arroyos, los que a su vez protegen y apoyan la vida acuática, el



**Fig. 2-5.**—*La descarga del agua de lluvia en suelos forestados de tierras altas maximiza el valor de los embalses aguas abajo, vitales para los centros urbanos.*

comercio, la irrigación y la vida urbana aguas abajo (Fig. 2-6). Es esta íntima relación entre los bosques y el agua aprovechable la que hace que el trópico sea habitable. Por consiguiente, los bosques tropicales proporcionan protección al suelo, una alta tasa de infiltración del agua y, donde el suelo es profundo, un buen almacén de sustancias retenidas (Pereira 1967).

Aún cuando el agua llega a los arroyos, sigue siendo afectada por los bosques ribereños. El crecimiento de árboles en las orillas de los ríos estabiliza los suelos; cuando hay inundaciones, la hojarasca del bosque sirve como alimento a la vida acuática, una fuente importante de alimentación para los seres humanos. Los bosques anegados retardan el movimiento del agua y, por lo tanto, precipitan sedimentos, capturan nutrientes y ayudan a la formación de depósitos de materiales en las orillas. En la desembocadura de los ríos y estuarios y a lo largo de los litorales relativamente protegidos, los manglares retienen sedimentos y proporcionan hábitat para una importante fauna terrestre, anfibia y marina.

Muchos ríos separan naciones o corren a través de más de un país. Por lo tanto, los beneficios del flujo de los ríos suelen constituir una preocupación internacional, que se expande para abarcar el interés de todas las naciones, uniéndolas en una red de interdependencia.

**Bosques y suelos.** La relación entre los bosques y los suelos tropicales se deriva de la relación entre el bosque y el agua. Los ácidos del humus que el agua de lluvia recoge a



**Fig. 2-6.**—*La construcción de carreteras de montaña y la deforestación muestran de inmediato cuán efectivo era el bosque en prevenir la sedimentación de este río en Sarawak.*

medida que pasa por el bosque aceleran la meteorización del material rocoso y otros procesos de formación de los suelos. El suelo del bosque (al absorber el choque producido por el golpeteo de la lluvia intensa) y el sistema radicular denso y profundo de los árboles reducen los deslizamientos de tierra. Estudios efectuados demuestran la superioridad del bosque en relación con cualquier otro tipo de cobertura vegetal (Lawson *et al.* 1981).

La efectividad de los bosques para controlar la erosión varía con el clima, el declive, la condición del suelo y el carácter del bosque. Los bosques más densos, cuyo suelo superficial permite el crecimiento de muy pocas plantas, quizás sean menos protectores que los bosques más abiertos, donde hay yerbas y pastos o árboles pequeños que mantienen la hojarasca en su lugar en las laderas o en sitios donde puede darse lavado por inundaciones. Los árboles de forma escurrente, las palmas en particular, tienden a concentrar la precipitación haciendo que se escurra a lo largo de su tallo. En los bosques pluviales, casi el 10% de la lluvia llega al suelo de esta manera (Lawson *et al.* 1981); este flujo de agua se enriquece con las partículas de corteza que arranca la lluvia y se depositan como nutrientes a la base del árbol, aunque también es posible que al precipitarse, el flujo concentrado cause erosiones severas, en casos extremos. Las prácticas silviculturales pueden atenuar estos efectos en sitios donde sean de gravedad.



**Fig. 2-7.**—El bosque que antes hubo acumuló suelos productivos para la agricultura; los árboles en lomas y bordes continúan protegiendo el ambiente para la agricultura.

**Bosques y agricultura.** Ya hemos indicado que los bosques protegen a la agricultura en los trópicos. En gran parte de la América Tropical, la extracción de madera de los bosques es una actividad integral de los agricultores, que les proporciona productos para el consumo local o de mercado. El empleo que genera el uso y la producción de madera está en consonancia con las tradiciones y requisitos de las regiones forestales, y esencialmente ayuda a la gente rural. Casi todos los suelos capaces de sostener agricultura en forma constante (o aún intermitente) son rezagos de los bosques, los cuales facilitaron la formación de los suelos. Los resultados son particularmente impresionantes en los suelos más productivos de la zona: fondos de valles llanos, arables y fértiles, al menos inicialmente. Un ejemplo de estos suelos son las zonas de varzea anegable en la Amazonia, usadas para producir cultivos de corto plazo (Sioli 1973). Si se crearan embalses para reducir el daño producido por las inundaciones a estos terrenos, dejarían de recibir los nutrientes que los bosques río arriba suministran (Fig. 2-7); por consiguiente, para el cultivo continuo de tales zonas, se deben construir canales para introducir de manera controlada el agua que contiene sedimentos (Sioli 1973).

Los bosques tropicales benefician a la agricultura de otras maneras. En general, son la única fuente de variedades de plantas autóctonas; no sólo de las que se producen ahora, sino también de muchas otras que posiblemente sean útiles. El valor de estos atributos aumenta, a medida que se debe intensificar la producción de alimentos, forraje y fibra. Ahora se están buscando, conservando y cultivando variedades de plantas nativas debido a las ventajas que acarrear.

A diferencia de los cultivos agrícolas, los bosques mixtos naturales rara vez sufren epidemias. Hace tiempo que la evolución y co-evolución de huéspedes, depredadores y parásitos en los bosques primarios han producido equilibrios que minimizan las fluctuaciones en las poblaciones de especies individuales dentro de los sistemas. Las tierras boscosas albergan organismos que podrían transformarse en plagas una vez labradas; pero, a la vez, tales bosques contienen mecanismos para el control de esas plagas. El uso máximo de tales controles biológicos es deseable cuando ocurren epidemias, por lo general, debido a razones financieras además de ambientales. Por consiguiente, la presencia de bosques nativos dentro de regiones agrícolas puede facilitar este tipo de control, fomentando la producción de alimentos. Desafortunadamente, se desconoce la ubicación óptima,



**Fig. 2-8.**—*Los bosques tropicales de crecimiento antiguo generalmente se talan y queman por hallarse en sitios remotos, lejos de los mercados. El propósito no es obtener madera, sino usar el suelo para producir alimentos.*

extensión, configuración y técnicas de manejo de bosques capaces de proporcionar controles biológicos de plagas en zonas no forestadas.

Los bosques adyacentes a los cultivos agrícolas también albergan insectos y otra vida silvestre esencial para la polinización de los cultivos. Los insectos polinizan la mayoría de los cultivos de vegetales, frutas y flores (Biswas y Biswas 1976).



**Fig. 2-10.** — *En el neotrópico, el sangrado del látex para producir goma sigue siendo una industria forestal importante.*



**Fig. 2-9.**—*Los cultivos arbóreos como el café por lo general reemplazan al bosque, y si son bien manejados, pueden persistir durante muchos años.*

La importancia del bosque como fuente de suelos agrícolas se demuestra con toda claridad en los sistemas de agricultura migratoria y prácticas asociadas, que mantienen a la casi totalidad de la población de los trópicos, cerca de 630 millones (Fig. 2-8; Nair 1980). El elemento esencial de la agricultura migratoria es que después de la cosecha, la tierra se deja descansar de 1 a 20 años o más. Durante ese tiempo, se recupera la productividad del suelo para otro período de cultivo bajo un bosque en recuperación, permitiendo subsistir a agricultores con poco dinero y herramientas primitivas, a partir de cultivos producidos en suelos cuya fertilidad se agota muy rápidamente (Watters 1971). El período de barbecho restaura el suelo por medio de los nutrientes que agregan la meteorización y la precipitación. Además, el desarrollo rápido de bosques secundarios protege el suelo anteriormente expuesto a la erosión, restaurando con rapidez su porosidad y capturando nutrientes que, de otro modo, serían eliminados por la lixiviación.

La tala y quema del bosque provee nutrientes para el cultivo agrícola siguiente. El cultivo repetido de algunos de los suelos más pobres de los trópicos, donde las laderas y propiedades físicas y químicas del suelo no favorecen el cultivo continuo de ninguna clase, demuestran la efectividad de esta práctica.

Cultivos arbóreos artificialmente establecidos, como café (Fig. 2-9), cacao, aceite de palma y caucho (Fig. 2-10) también han mejorado y mantenido la condición y

productividad del suelo. A diferencia de cultivos convencionales o del pastoreo, estos cultivos no agotan al suelo; al menos no tan rápidamente; algunas zonas han estado en producción continua durante 50 años o más. Una práctica ha sido plantar estas cosechas bajo un estrato arbóreo. La presencia de una cobertura ligera de árboles fomenta la conservación del suelo y limita el desarrollo de los cultivos del estrato inferior a un nivel proporcional a la disponibilidad de nutrimentos. El cultivo de una cobertura arbórea constituye una inversión sabia porque puede alargar enormemente el período productivo en tierras que de otro modo requerirían fertilizantes y otras medidas costosas de conservación del suelo.

Los efectos positivos de los bosques sobre la agricultura no están confinados a los trópicos húmedos. En zonas secas, los árboles pueden extraer la humedad de profundidades mayores que los cultivos alimenticios; su hojarasca reduce la evaporación superficial del suelo y proporciona nutrimentos que de otra forma no estarían disponibles en la superficie. El uso de árboles esparcidos (particularmente de especies leguminosas) sobre cultivos es muy común en zonas secas.

**Los bosques como fuentes de productos.** Desde el punto de vista biológico, los bosques convierten energía y nutrimentos en asimilados, un proceso llamado “producción primaria bruta”. Después de deducir la respiración, el crecimiento resultante de raíces, tallos, ramas y hojas se llama “producción primaria neta”. La producción primaria neta de los bosques tropicales (sobre el suelo) alcanza 30 t/ha/año (Anón. 1980e). Las plantaciones madereras, por otro lado, pueden rendir hasta 60 t/ha/año (Oudshoorn 1974).

La madera es una de las materias primas más útiles del mundo; es una materia versátil, de amplia disponibilidad y de relativamente bajo costo. Comparada con la mayoría de materiales, la madera es superior en cuanto a su resistencia en función del peso, su trabajabilidad y su apariencia mucho más atractiva. También, es más caliente al tacto.

El procesamiento de una tonelada de acero requiere 87 veces más energía que una de madera, y la de aluminio, 45 veces más (Makhijani y Lichtenberg 1972). Además, los productos madereros son biodegradables, y no presentan serios problemas ambientales para su eliminación. Tales ventajas han hecho que el consumo de madera, al menos en el pasado, sea

aproximadamente equivalente en peso al consumo combinado de todos los metales, cemento y plástico, aún en los EE.UU. (Cliff 1973).

Industrialmente, se usan tres grandes categorías de productos madereros: (1) madera sólida no estructuralmente alterada, (2) fibra, el complejo de celulosa en las paredes de células huecas, y (3) los componentes químicos de la celulosa, lignina y extractos.

La producción mundial de productos madereros en 1992 se estimó en 3477 billones m<sup>3</sup>, para un aumento del 19% durante la década (Anón. 1993b). De esa cantidad, 380 millones (cerca del 11%), fueron producidos en el neotrópico para un aumento del 20% durante la década (Cuadro 2-1). El 74% de esa madera se empleó como leña y carbón; proporcionalmente este rubro no muestra cambios durante la última década. Las exportaciones de productos madereros provenientes de los países de la región en 1992 se estimaron en \$2,2 billones de dólares estadounidenses, un aumento del 126%, en términos de su valor actual en dólares.

De los productos industriales de la región, la madera aserrada de especies no coníferas alcanzó 13,9 millones m<sup>3</sup> en 1992, con exportaciones valoradas en US\$215 millones (Fig. 2-11). De mayor significado económico fue la producción de papel y cartón, con un total de 9,8 millones de toneladas y exportaciones por US\$867 millones, que significaron un aumento del 40% en la producción de los últimos diez años, y cuatro veces más el valor de la exportación en términos de dólares actuales. La producción de pulpa de madera aumentó un 56%, alcanzando 6,1 millones de toneladas en 1992, con exportaciones valoradas en US\$698 millones (Cuadro 2-1).

Sin embargo, los países neotropicales consumen más madera aserrada, enchapada y contrachapada de la que producen. En 1982, los países en desarrollo de América produjeron sólo el 3% de toda la madera exportada a nivel mundial, una porción insignificante de madera para aserrío y enchapado, pero el 19% de la madera aserrada y el 34% de láminas enchapadas (Fig. 2-12; Anón. 1984a).

Brasil ha sido tradicionalmente el líder en materia de producción de fibra en América Tropical. En 1982, ese país produjo casi tres millones de toneladas de pulpa y poco más de tres millones de toneladas de papel; pero

en 1992 producía 6 100 000 toneladas de pulpa y 9 800 000 toneladas de papel (Anón. 1993b).

Un indicador de la importancia económica de los bosques tropicales es proporcionado por el registro del Servicio Forestal de la India, que históricamente ha sido una de las agencias forestales públicas más efectivas del mundo. Esta agencia está involucrada en muchas formas de asistencia pública, aparte de la mera venta de madera; sin embargo, entre 1950 y 1960, tuvo ingresos superiores en más del 50% de sus gastos (Anón. 1960d).

La producción forestal, según se define aquí, es la cosecha de madera de viejo crecimiento, que constituye un patrimonio natural y no un producto del esfuerzo humano (Fig. 2-13). Este patrimonio se está erosionando en muchos lugares; sin embargo, con el manejo y el cultivo en muchos lugares se ha alcanzado un éxito extraordinario en la producción continua.

En los países neotropicales, el desarrollo de procesos que usan una mezcla de maderas tropicales en la fabricación de pulpa y papel ha reducido las importaciones de estos costosos productos forestales. Los problemas presentes para la expansión del uso de la celulosa son de naturaleza económica más que técnica (Kyrklund y Erfurth 1976). Una posibilidad es la utilización completa de los rodales naturales; otra es que las maderas livianas

de árboles de crecimiento rápido, provenientes de la regeneración natural, produzcan una pulpa tan buena o mejor que los primeros raleos de rodales naturales. La factibilidad de las plantaciones en la mayoría de las partes de la región depende, en gran medida, de los mercados de celulosa para tamaños intermedios o cultivos de rotación corta.

Además de los suelos, del agua que conservan y de los nutrimentos que almacenan, el bien más importante de los bosques tropicales ciertamente ha sido la leña. Más de 1,5 mil millones de gente a nivel mundial depende de la leña para cocinar y para calefacción (Anón. 1977b). Se estima que en Latinoamérica el consumo de leña varía de 0,36 a 1,03 m<sup>3</sup> por persona por año (Arnold y Jongma 1979). En 1974, eso significaba un total de 240 millones m<sup>3</sup>; un octavo del consumo mundial total, o el 82% del total de madera consumida para todos los propósitos en la región (Arnold 1978). La madera proporcionó el 20% del consumo de energía total de Latinoamérica en 1974. En sus bosques, los países en desarrollo tienen un potencial de energía todavía sin desarrollar, el cual, bien manejado, podrá abastecer todos sus requerimientos de energía y proporcionar un excedente para la exportación (Earl 1975). Quizás todavía es válida una predicción de hace algunos años en el sentido de que si sólo el 5% de los terrenos deforestados en los países en desarrollo fueran plantados

**Cuadro 2-1.**—Producción y exportación de productos de madera en América Tropical en 1982 y 1992

Producto	Producción		Exportación	
	1982	1992	1982	1992
	Miles de m <sup>3</sup>		Miles de dólares (US\$)	
Madera rolliza	316,500	379,900	— <sup>a</sup>	— <sup>a</sup>
Leña/carbón	233,200	280,400	— <sup>a</sup>	— <sup>a</sup>
Productos manufacturados	— <sup>b</sup>	— <sup>b</sup>	977,500	2,214,600
Madera aserrada (no conífera)	13,100	13,900	202,300	214,900
Tableros de madera	3,900	4,100	179,100	279,700
Hojas de enchapado	300	400	59,500	52,900
Contrachapado	1,500	1,500	62,800	127,300
	Miles de toneladas		Miles de dólares (US\$)	
Pulpa de madera	3,900	6,100	278,500	698,100
Papel y cartón	7,000	9,800	216,700	866,900

Fuente: Anón. 1993a.

<sup>a</sup>Información no disponible

<sup>b</sup>Unidades no acumulables



**Fig. 2-11.** — La madera de las tierras bajas tropicales, por lo general se transporta a través de los ríos, como se ve en Panamá.

con especies forestales de crecimiento rápido, el mundo no tendría que enfrentar escasez de madera, ya que la deforestación está creciendo tan rápido como las necesidades por madera.

La madera consiste principalmente de celulosa y lignocelulosa; el 50% es carbón (C), 6% hidrógeno (H) y 44% oxígeno (O) (Earl 1975). Su valor calorífico es de 4,7 kcal/t secado al horno y 3,5 secado al aire; la



**Fig. 2-12.** — Los grandes árboles de madera atractiva y peso medio proporcionan unos de los productos más valiosos de los bosques tropicales, el enchapado, manufacturado aquí en Sarawak a partir de una dipterocarpácea.

variación entre las especies es poco significativa. En comparación, el carbón bituminoso tiene un valor calórico de 6,9 kcal/t y 9,8 kcal/t los combustibles fósiles.

La leña es el combustible más barato disponible en gran parte de la región; no necesita almacenamiento, pero sin embargo, se puede almacenar durante largos períodos. Su producción requiere mano de obra intensiva, lo que puede ser, o no, una ventaja. Explotada de manera intensiva, puede hacer desaparecer bosques enteros, por lo que se requiere disciplina en el manejo. Puede ser de gran grosor, lo que dificulta el transporte y almacenamiento (Earl 1975).

Un análisis de la situación leñera hace algunos años en América Tropical demostró que las siguientes zonas están sufriendo escasez: Haití, el este del Brasil, El Salvador, el litoral del Perú y el altiplano de Bolivia (Anón. 1981f). Déficit de naturaleza menos crítica se dan en el norte de México, en Honduras, Cuba, Jamaica, República Dominicana, las laderas de los Andes desde Colombia a Bolivia y, en Trinidad.

En las extensas zonas deforestadas del hemisferio oriental la producción de leña en las plantaciones forestales ha tenido gran éxito. Una especie favorita es la *Casuarina equisetifolia*, un árbol de crecimiento rápido y madera densa. En Madras, India, este árbol, con una



**Fig. 2-13.** — Típicamente, el interés único de la cosecha de madera tropical es la ganancia inmediata, a expensas de los árboles inmaduros que podrían cosecharse en el futuro.

rotación de 4 años, rinde de 200 a 250 t/ha de madera seca (Kaul y Gurumurti 1981). En Dahomey -ahora Benin- el combustible requerido por la densa población de una región muy poco forestada, ha sido suministrado por plantaciones de *C. equisitifolia* a lo largo del litoral del país (Buffe 1962).

La futura demanda por leña parece asegurada porque, en general, faltan sustitutos satisfactorios; por ello, se requiere una mayor eficacia en el uso de la leña. Las cocinas de fuego abierto consumen cinco veces la cantidad de leña que consumen las cerradas (Arnold y Jongma 1979). Mejoras simples en el diseño de las cocinas pueden aumentar el ahorro hasta en 70%. Otra alternativa es la conversión de los desechos de madera en carbón. Las plantaciones para leña, exitosas durante muchas décadas en India y en otros países, también pueden concentrar la producción y tener éxito si se ajustan a las tradiciones y conocimientos del pueblo.

La poca flexibilidad de los mercados de leña se aprecia en la India, un país muy poblado, donde el 80% de las necesidades energéticas rurales todavía se satisfacen con fuentes no comerciales. De esta cantidad, el 64% es leña usada principalmente para cocinar. En zonas donde escasea el combustible, las plantaciones de leña son preferibles a cualquier otro cultivo forestal. El consumo de cerca de 0,6 toneladas por persona por año es tan grande como en las zonas mucho más forestadas de la América Tropical (Kaul y Gurumurti 1981). Cocinar arroz en la India cuesta casi el 17,5 del contenido energético del arroz mismo (Revelle 1981).

El carbón de leña tiene un valor calorífico de 7,1 kcal/t, comparable con el carbón mineral; quema casi sin humo y mucha de su energía es emitida como calor radiante. Su baja densidad hace que sea frágil y necesite transporte y almacenamiento especial. Su uso en lugares cerrados crea la posibilidad de envenenamiento por monóxido de carbono (Earl 1975). El carbón de leña es un combustible común en las zonas urbanas de la región a nivel doméstico e industrial.

La elaboración del carbón de leña es particularmente apropiada para la sociedad tropical rural. Se puede efectuar a pequeña escala y reportar ganancias. La relación entre capital y mano de obra es baja, así que genera mayor empleo que muchas industrias. Utiliza destrezas comunes y requiere poca pericia gerencial o supervisora. Su ubicación en zonas rurales contribuye al equilibrio económico urbano/rural (Earl 1975).

En el futuro, la madera de los bosques será tan importante para los trópicos como lo ha sido en el pasado. Los países tropicales forestados importan productos de madera, pero el mundo desarrollado dentro de poco quizás tenga muy poca madera para exportarles. Se espera que la demanda por toda clase de madera, incluso para usos como leña y combustible para ciertos procesos químicos, ha de aumentar en los países desarrollados. Así, los países con abundantes reservas de materia prima mejorarán su posición negociadora (Mitchell 1978). La sustitución por otros materiales no es muy probable porque no existe suficiente energía barata para crear sustitutos. Se pronostica que entre 1980 y 2000, la demanda de productos a base de maderas tropicales aumentará un 110% a nivel mundial, 180% en los trópicos y 220% en el neotrópico (Pringle 1976).

**Consecuencias del uso excesivo.** La explotación excesiva de los bosques tropicales es común, debido principalmente a la tradición del libre uso. Donde los bosques son abundantes, el libre uso no ha sido declarado ilegal ni reconocido como un gasto innecesario (Hardin 1968). Las tradiciones de uso establecidas comienzan a considerarse derechos, generalmente antes de que el público o el gobierno se dé cuenta de lo desastrosas que son las consecuencias.

La sobre-explotación es grave porque los bosques tropicales son intrínsecamente frágiles. Aparentemente, los bosques en sitios húmedos muestran poderes extraordinarios de recuperación de las perturbaciones, regenerándose rápidamente en terrenos abandonados después del cultivo y cerrando los claros del dosel. Los bosques sometidos a una explotación selectiva o a la agricultura migratoria poco frecuente pueden, en general, no mostrar grandes cambios de apariencia. En un sentido cuantitativo, quizás parezca que soportan bastante bien, aún lo que parece ser un tratamiento abusivo. Su complejidad resulta, sin embargo, de una red de interdependencia entre componentes cuya evolución ha sido sincrónica. Perturbaciones en el delicado equilibrio entre organismos, aún mediante cosechas cautelosas y selectivas, pueden eventualmente simplificar el ecosistema hasta tal punto que su estabilidad se deteriora y su capacidad de autorregeneración se reduce. En un sentido estricto, se considera que los ecosistemas tropicales primarios, una vez modificados significativamente, ya no son recuperables (Gómez-Pompa y Vázquez-Yanes 1972). Aún si se dejara un período largo de protección completa, los cambios climáticos a largo plazo y otras

influencias, evitarían la restauración de un bosque esencialmente idéntico al bosque primario.

Una de las consecuencias más sutiles de la intervención humana en los bosques tropicales es la pérdida gradual de biodiversidad. Esta puede deberse, por ejemplo, a la cosecha directa de todos los árboles maduros (portadores de semillas) de la especie *Cedrela*, o a la caza de animales adultos. Aún más sutil sería el deterioro de los hábitats, o el hecho de que la intervención humana favorezca, sin advertirlo, el desarrollo de enemigos de cierta especie. Debido a que los requerimientos de hábitat, el parasitismo y la depredación son procesos todavía no estudiados en forma exhaustiva, tales daños quizás no se detecten. Por supuesto, si se necesitan al menos 10 000 individuos para conservar la gama genética de una especie (Poore 1976a), la declinación de tal especie, particularmente si su distribución es escasa, puede pasar desapercibida hasta mucho después que su población se haya reducido por debajo de ese nivel.

El efecto de la explotación maderera sobre la diversidad no puede ser medido puramente en términos de un cambio en la cantidad de especies vegetales. Ciertas especies de animales pueden verse particularmente afectadas por ciertas plantas que los biólogos reconocen como claves, desde el punto ecológico. Las especies de plantas claves pueden, por ejemplo, servir como fuente de alimento durante períodos en que otros alimentos preferidos no estén disponibles. Las evidencias indican que cantidades mínimas, tales como el 1% de estas especies claves, pueden ayudar a la mayoría de la fauna silvestre que se alimenta de frutos en los bosques húmedos; si la explotación maderera conserva ciertas especies claves, quizás no se reduzca la capacidad del bosque de alimentar a muchas clases de animales silvestres. Queda por comprobar, sin embargo, si las especies claves seguirían protegidas de pestes y enfermedades si aumentara la proporción de especies claves en el bosque, y si otros requisitos de las poblaciones animales, tales como el hábitat reproductivo, persistirían a pesar del tratamiento recibido por el resto del bosque.

Otra consecuencia evidente de la explotación excesiva del bosque es la disminución de la capacidad de producir madera comercial después de haber extraído los mejores árboles madereros y del consiguiente daño a las especies remanentes. Generalmente, la cosecha también provoca erosión por efecto de caminos

abandonados e inestables y de pistas de arrastre. La sobre-explotación continua reduce los rendimientos de madera para uso local y de exportación.

El uso excesivo de los bosques es evidente en los sitios donde los cultivos deterioran el suelo tan rápidamente que no producen en un período razonable. En las terrazas altas del Amazonas, por ejemplo, se cultiva por dos años seguidos por un período de barbecho de diez años lo cual permite un cultivo más de tipo tradicional (Sioli 1973). El cultivo de la tierra disminuye la infiltración del suelo, reduce la recarga de agua y aumenta el flujo de inundaciones, por lo que se pueden producir erosiones y derrumbes. El uso excesivo de los terrenos forestales ha acortado gradualmente el período del barbecho en ciertas zonas, hasta el punto que el barbecho no es suficiente para restaurar la fertilidad del suelo ni para regenerar un cultivo forestal aprovechable (Anón. 1977b). La restauración, entonces, se ve como una medida poco práctica, y la gente tiene que abandonar el sitio o continuar viviendo una existencia marginal. El resultado final puede ser una gran área desperdiciada e improductiva; condiciones que preceden a las hambrunas, enfermedades epidémicas y guerras civiles. Ejemplos existen en el África y en otras partes del mundo (Poore 1976b).

En el centro de Tanzania, la recolección de leña para una familia promedio requiere de 250 a 300 días hombre al año (Anón. 1977b). Una situación extrema se da en el Punjab de la India, donde los bosques sólo satisfacen el 1% de la demanda por leña; bajo estas condiciones, la gente rural, aunque consciente del impacto sobre la producción de alimentos, está forzada a usar el estiércol de vaca, tallos de maíz y otros desechos agrícolas como combustible para cocinar (Sagreiya 1946a, Singh y Randev 1975).

Como lo ilustran acontecimientos mundiales recientes, las consecuencias de una deforestación excesiva pueden ser de largo alcance. Se piensa que el crecimiento de los desiertos en el África (al sur del Sahara) son el resultado de los incendios en los matorrales, la corta de ramas para forraje, la deforestación, el pastoreo excesivo y la vegetación pisoteada por los animales (Delwaulle 1973). Estas prácticas provocan el deterioro de la vegetación natural restante y disminuyen el rendimiento de los cultivos, lo que a la vez, provoca el éxodo en masa de los habitantes.

### Terrenos forestales y no forestales

El establecimiento de metas razonables para el uso de terrenos forestales requiere que se consideren primero las prioridades y los requisitos de uso de los terrenos no forestales y luego, que se efectúe una evaluación de los principales usos forestales. Un diagrama para la identificación de terrenos forestales y no forestales y su desarrollo se muestra en la Fig. 2-14.

**Bosque versus agricultura.** La producción de alimentos ofrece rendimientos más obvios y oportunos que la producción forestal. El crecimiento de la población no se equipara en todas partes con un aumento en la producción de alimentos (Cuadro 2-2).

Una consecuencia de esta tendencia es la deforestación continua, cuyo fin es explotar el suelo y los nutrimentos que se han reciclado de la vegetación forestal. Entre 1980 y 1982 la población dedicada a actividades agrícolas en la región neotropical aumentó en más de 2 millones de personas (Anón. 1993b). Los terrenos dedicados a la agricultura, tanto permanente como temporal, aumentaron en más de 65 millones de hectáreas entre 1970 y 1991 (Anón. 1993b). La agricultura con irrigación, que en gran parte depende del agua del bosque, aumentó en cerca de 2 millones ha entre 1981 y 1991.

Lo más difícil en la preservación de terrenos para la producción forestal a largo plazo es cómo protegerlos contra la producción de alimentos y forraje. Los bosques

crecen mejor en terrenos que, a la vez, son los mejores para la producción de alimentos y forraje. Así, la deforestación para establecer cultivos agrícolas podría parecer necesaria, aún cuando las prácticas agrícolas no hayan sido exitosas o duraderas.

Cualquier comparación entre el cultivo de alimentos o de forraje y el cultivo de madera generalmente acarrea una predisposición en contra de los bosques, porque los valores agrícolas no sólo son tangibles sino inmediatos, mientras que muchos valores forestales no lo son. Además, las investigaciones agrícolas han conducido a la intensificación de los métodos de producción, la cual no tiene paralelo en la producción forestal. A diferencia de los terrenos agrícolas, los bosques tienen muchos árboles de baja calidad, no comerciales y, por lo general, ningún árbol genéticamente mejorado. Los recursos forestales no son controlados, como tampoco el suministro de nutrimentos, las malezas, los insectos o las enfermedades. Si la agricultura tuviera estas desventajas tampoco sería económicamente atrayente. Al corregir estas deficiencias en el cultivo de cafétales en Puerto Rico (un cultivo forestal), aumentaron los rendimientos al menos en 12 veces (Wadsworth 1962). El rendimiento de la yuca en suelos podsólicos rojo-amarillentos del trópico húmedo aumentó casi un 60% con una aplicación modesta del fertilizante NPK, el cual mejoró también las propiedades del suelo (McIntosh *et al.* 1980).

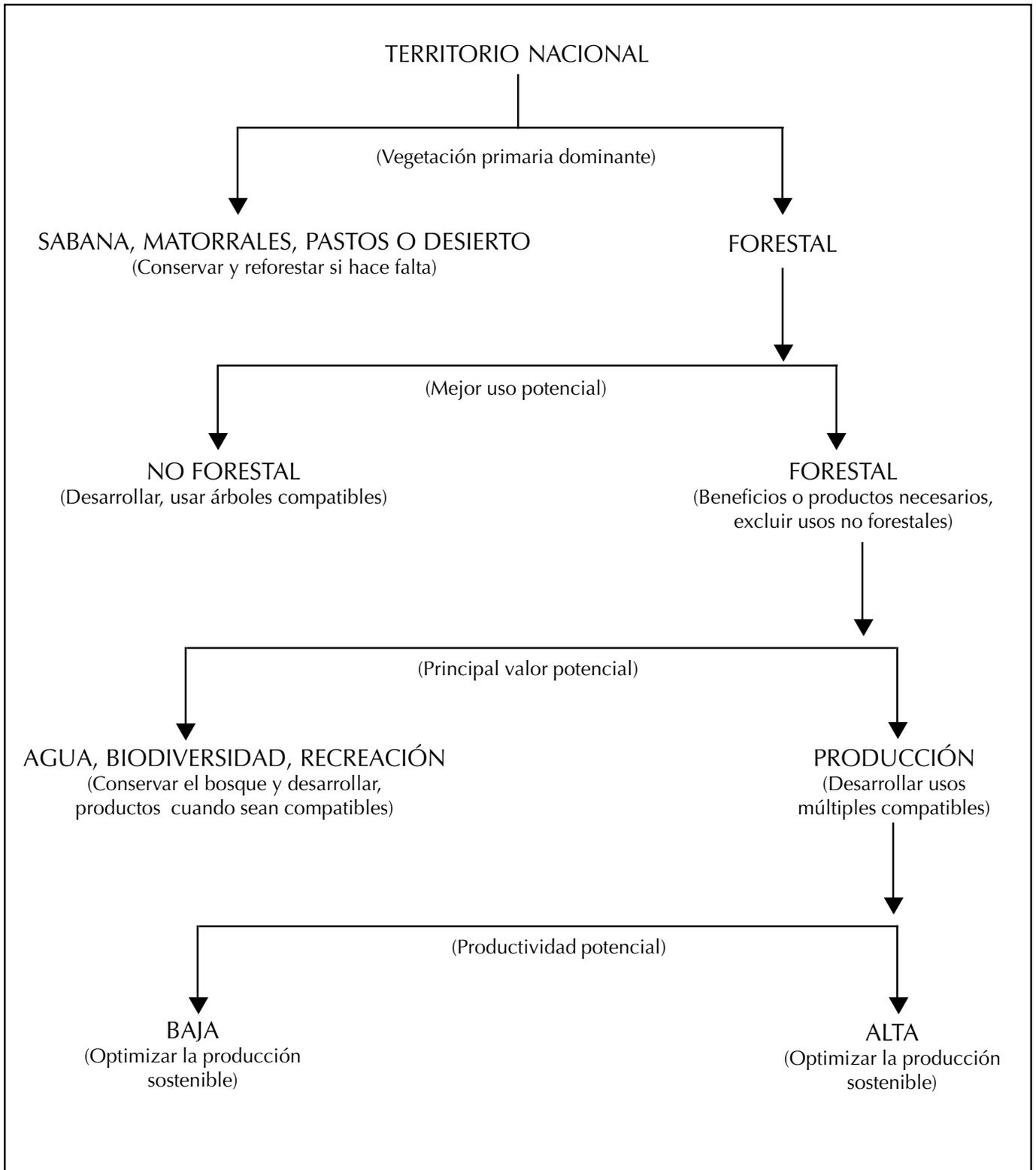
La producción de alimentos está disminuyendo en más de la mitad de los países del neotrópico (Anón. 1993b);

**Cuadro 2-2.**—Producción de alimentos en América Tropical, 1972-81

País	Índice de producción de alimentos per capita	País	Índice de producción de alimentos per capita
Brasil	115	Guatemala	92
Bolivia	114	Honduras	91
El Salvador	112	Perú	90
Colombia	110	Panamá	84
Ecuador	110	República Dominicana	84
Jamaica	110	Surinam	83
México	101	Cuba	81
Venezuela	99	Guyana	68
Paraguay	94	Haití	67
Costa Rica	93	Nicaragua	62

Fuente: Anón. 1993a

Nota: El índice de producción de alimentos per cápita de 1969-71 fue 100.



**Fig. 2-14.**—Secuencia esquemática para la identificación y tratamiento de terrenos para la producción de árboles y bosques.

por ello, cada vez hay más presión para que terrenos llanos y bien irrigados, con suelos profundos y apropiados para la labranza sean usados para la producción de alimentos y forraje. No obstante, si estos terrenos fueran manejados al máximo de su productividad, y fuesen protegidos de las grandes fluctuaciones en el flujo de los ríos por los bosques de las tierras altas, la mayoría de los países podrían producir la mayor parte de los alimentos y del forraje que necesitan y aún así, dedicar grandes regiones a la producción de madera y a otros beneficios forestales.

Desafortunadamente, los mejores suelos de la región no son totalmente productivos, por lo que se dedican terrenos menos apropiados para el uso agrícola. Los suelos demasiado pobres como para sostener un cultivo continuo pueden ser usados de manera temporal después de se tala el bosque, pues los nutrientes en los árboles se liberan al cortarlos (Fig. 2-15). La superficie requerida para alcanzar un rendimiento dado en ese tipo de terreno marginal es mucho mayor, ya que después de uno o dos cultivos, el terreno debe quedar en barbecho durante varios años. En las zonas montañosas, la erosión severa que resulta de esta práctica puede por último impedir el cultivo de los árboles mismos. En Cuba, por ejemplo, un país tradicionalmente forestado, la conversión de terrenos dejó sólo el 16% de la isla cubierta por bosques en 1990 (Anón. 1993a). Más del 80% de la isla de Puerto Rico fue deforestada con el



**Fig. 2-15.** — Las laderas recientemente deforestadas de Sarawak, generalmente se convierten en plantaciones de pimienta negra, un cultivo que genera ingresos en efectivo.

mismo propósito (Murphy 1916). Sin incentivos especiales, los agricultores dudan en adoptar prácticas que permitirían un cultivo continuo de los terrenos, aún cuando el barbecho haya sido evidentemente degradado por la reducción del período, y se hayan desarrollado y comprobado avances tecnológicos (Ward y Cleghorn 1964).

La expectativa de un mayor rendimiento financiero, mediante la producción de alimentos y forraje en vez de madera en los mejores terrenos, ha conducido a una deforestación extensa en los trópicos, en gran parte como resultado de una colonización deliberada y de proyectos de desarrollo rural. Tales proyectos generalmente tienen éxito en provocar la deforestación, pero su éxito es menor en cuanto a garantizar un apoyo continuo a los colonizadores a través de la agricultura. Como resultado, quedan abandonadas extensas zonas, una vez cubiertas por bosques exuberantes. Este hecho justifica que no se dejen a la agricultura todos los terrenos forestados que *a priori* parecen idóneos para la explotación agrícola. Un uso mucho más razonable sería intensificar la agricultura en terrenos que ya se han deforestado.

En la mayoría de los casos, la cantidad de bosques destruidos y la densidad de la población rural están directamente relacionadas (Poore 1983). La urbanización, por el contrario, se asocia con una deforestación de menor alcance. En zonas con poblaciones de bajas densidad, como la parte central del Amazonas, los bosques están menos amenazados que en las regiones más densamente pobladas de América Central. El sur del Asia se considera una excepción prometedora; allí se da un manejo forestal intensivo, forestería comunitaria y una agricultura intensiva de alta calidad, que permiten sostener una población rural muy densa con una baja destrucción forestal.

Holdridge (1959) establece las características climáticas que limitan la producción de alimentos y forraje, más que la producción maderera. Según él, la agricultura es más exitosa en regiones donde la precipitación y la evapotranspiración son más o menos iguales; o sea, en las zonas de vida húmedas y secas, en contraposición con las zonas muy húmedas y muy secas (Apéndice B). En la zona muy húmeda es difícil mantener la fertilidad debido a la lixiviación y la erosión; en la zona muy seca, el agua constituye una limitación. Si bien allí la agricultura migratoria es posible, los rendimientos serían tan bajos que impedirían el asentamiento de poblaciones permanentes.

Tosi (1975) considera que la zona de vida 'bosque húmedo' de Holdridge es de naturaleza óptima para la agricultura y ganadería. Sin embargo, aún allí la temporada de sequía puede abarcar hasta siete meses, en sitios donde un período de dos a cuatro meses es suficiente para causar deficiencias de humedad en cultivos sin irrigar y pastizales. Tosi menciona además que en las zonas de vida 'bosque muy húmedo' y 'bosque lluvioso', los excedentes de agua son tan grandes que la lixiviación reduce la fertilidad del suelo drásticamente. Aún los terrenos de pastoreo son de baja productividad debido a que el ganado pisotea los suelos anegados. En una región bien irrigada, como la Amazonia, el cultivo de arroz y maíz es dudoso porque dependen demasiado del capital y maquinaria, en una zona de agricultores inexpertos (Smith 1978). El cultivo multiestratificado de 13 especies de plantas usado por los Caribes bajo estas condiciones es menos riesgoso (Smith 1978), pero no significa una fuente de abastecimiento futuro de productos adecuados para el mercado urbano.

En terrenos pobres, las ventajas de los árboles sobre los demás cultivos es abrumadora, especialmente donde se obtienen bajos rendimientos y ciclos cortos de producción. Algunos expertos agrícolas reconocen que el cultivo permanente de árboles es más apropiado en sitios donde la precipitación es alta y los suelos pobres. Su más importante ventaja ecológica sobre los cultivos anuales es su valor protector.

Según Alvim (1981), el cultivo de árboles exige menos nutrientes y tolera mayor acidez y toxicidad de aluminio que los cultivos agrícolas. El hecho de que exigen menos nutrientes no sólo se debe al reciclaje de minerales —una función que las plantas anuales no pueden efectuar eficazmente— sino también a que los productos cosechados de cultivos perennes generalmente tienen menor valor nutritivo que los cultivos anuales.

Alvim enumeró sólo cinco cultivos agrícolas perennes recomendables para la Amazonia: caucho, aceite de palma, cacao, caña de azúcar y pimienta negra. Otros cultivos arbóreos que se pueden considerar son: guaraná, achiote, frutos de palma, palmito y madera del copaiba. El requerimiento de terreno para estos cultivos sería no mayor del 1% de la cuenca amazónica, dejando el resto de la zona libre para la producción de madera. Sin embargo, los cultivos perennes tienden a fragmentar el bosque, lo que quizás constituya un peligro más serio

para la seguridad de los bosques que la agricultura de subsistencia y los cultivos anuales (Gordon 1961).

En terrenos marginales, la producción de madera difiere del pastoreo de las siguientes maneras: (1) requiere más capital por unidad de trabajo y superficie de terreno; (2) produce mayores ingresos por unidad de terreno; (3) emplea más gente por unidad de terreno; y (4) es más sensible a las tasas de interés (Johnston 1966).

Se ha puesto en duda el manejo del pastoreo en suelos pobres del trópico húmedo. Pruebas simuladas del rendimiento probable en la Amazonia no permiten afirmar que ninguno de los sistemas (populares o fomentados) que se usan actualmente puedan asegurar rendimientos sostenidos (Fearnside 1979b). En climas más secos, el pastoreo no solamente es marginal sino que además puede dañar irreversiblemente al bosque, según lo indican los 1,7 millones ha de pastos *alang* en Indonesia, consecuencia de la quema de los bosques. La reforestación de tales zonas ha sido difícil.

En terrenos apropiados para la agricultura, u otros terrenos usados para producir cultivos alimenticios, también pueden haber lugares remotos donde se pueden establecer bosques productivos. Por ejemplo, en el Punjab, donde el 80% de los terrenos se dedican a la agricultura, el 4% es forestado (Singh y Randev 1975); esta zona de 100 000 ha incluye 42 000 ha de franjas a lo largo de las líneas de ferrocarril, carreteras, drenajes y canales; otras 22 000 ha corresponden a pequeños bloques a lo largo de los ríos, y las restantes 36 000 ha se encuentran diseminadas entre los llanos y las colinas. Más de la mitad de estos terrenos forestales se conservan por su valor protector; sólo 0,15 ha per cápita se dedica a la producción de madera para uso humano.

La inexorable invasión de los bosques por cultivos migratorios y pastoreo, en suelos cada vez menos estables e improductivos, viene acompañada por una creciente miseria humana y la pérdida de la capacidad productiva de la tierra a futuro, tanto para cultivos agrícolas como, posiblemente, para cultivos forestales (Fig. 2-16). Por consiguiente, ha comenzado la búsqueda de alternativas capaces de asegurar rendimientos sostenibles. Estudios bajo condiciones favorables en el centro de Brasil (Watters 1974), han demostrado que una aldea de 145 personas, establecida durante 90 años, necesitaba 5500 ha de bosque (38 ha per capita) para sobrevivir. Los cultivos en el bosque quizás necesiten menos trabajo para producir una unidad específica de



**Fig. 2-16.** — *El uso excesivo de laderas antiguamente forestadas produce terrenos degradados, tal como se ve aquí en Haití.*

alimento que el cultivo en pastizales o la operación de un sistema agrícola permanente (Ward y Cleghorn 1964); sin embargo, quizás no haya tal disponibilidad de tierra en los bosques tropicales.

El manejo agroforestal surge como alternativa, el cual incluye el cultivo de productos agrícolas y forestales de forma simultánea o alternada en un mismo terreno; este tema se discute en el capítulo 8. La integración de cultivos simultáneos incluye plantaciones extensas y comprobadas como café, cacao y frutales bajo la sombra de otros árboles, y el uso de cultivos convencionales de árboles, como el caucho, la palma aceitera y la copra en combinación con alimentos y forrajes, e incluso forraje arbóreo para ganado. Un buen manejo del estrato arbóreo superior, que protege a los cultivos de alimentos o forrajes, ayuda a estabilizar la producción agrícola, alargando la productividad del período de cosecha o reduciendo el tiempo del barbecho. Pequeñas ganancias de este tipo pueden ser populares entre los agricultores y reducir la necesidad de talar más bosque; una ganancia de carácter secundario sería la producción de madera.

La sucesión integrada de cultivos agrícolas y madereros constituyen el sistema taungya, ya centenario. Este busca el establecimiento de plantaciones madereras entremezcladas con cultivos alimenticios en los primeros años. Este tipo de plantación busca producir árboles para otros usos diferentes de la madera, el espaciamiento puede o no permitir el cultivo continuo de productos

agrícolas o forrajeros bajo los árboles, dependiendo del potencial del sitio para los dos tipos de cultivos.

El sistema agroforestal es especialmente útil en terrenos que de otro modo serían marginales para la agricultura. En 1979 se decía que casi 49 millones km<sup>2</sup> de terrenos en los trópicos (65% de la superficie total) se encontraban en una situación de “agotamiento” (King 1979a). Cerca de 630 millones de gente (35% de la población total de los países en desarrollo) dependen de estos terrenos para su subsistencia. El sistema agroforestal constituye un método de producir madera y alimentos a partir de una misma unidad de terreno.

El sistema agroforestal podría ser muy importante para la identificación de terrenos que se podrían dedicar a la producción forestal. El sistema agroforestal no promete todos los beneficios de los bosques cerrados, pero sí es estable, puede reemplazar a la agricultura migratoria y definir los límites entre bosque cerrado y fincas. Aún si se emplearan los 630 millones de gente, el sistema agroforestal sin duda sería más provechoso en los terrenos agotados, lo que permitiría que los bosques secundarios permanezcan intactos. Tosi (1975) advirtió que las nuevas colonias deberían confinarse casi exclusivamente a las zonas húmedas (bosque húmedo); sólo bajo ciertas condiciones especiales del suelo se podría permitir que las zonas muy húmedas (anegadas) se consideren apropiadas para la agricultura o el pastoreo sostenibles.

La experimentación con sistemas agroforestales está en los primeros pasos; por ello no se puede predecir el volumen y la calidad de la madera que rendirán. Las fuentes de incertidumbre incluyen la adaptabilidad al sitio y el rendimiento de especies madereras bajo el sistema (en comparación con la producción simple de madera), la importancia (si la hubiere) de los árboles frutales como madereros, y el hecho de que el sistema sería aceptado únicamente por los que lo aplicarían si la madera fuera sólo un subproducto de la producción de alimentos o forrajes.

**Capacidad de uso de la tierra.** La selección de terrenos para la producción forestal debe basarse en las propiedades del terreno mismo y los requisitos de las distintas clases de explotación. Un primer paso en la planificación de una buena explotación sería el desarrollo y la aplicación de un sistema de evaluación de los terrenos. Young (1976) especificó que un sistema tal debería hacer lo siguiente:

- Evaluar los terrenos para usos específicos.
- Considerar otros usos físicamente posibles y económica y socialmente beneficiosos.
- Tomar en cuenta tanto la producción como los demás beneficios e inversiones o gastos necesarios.
- Considerar los efectos ambientales.
- Permitir la evaluación por etapas, de acuerdo con los propósitos e intensidad de la evaluación.
- Ser versátil, aplicable en superficies grandes y pequeñas.
- Producir resultados permanentes, independientes de las tendencias económicas actuales.
- Permitir que se hagan revisiones
- Presentar resultados en forma simple, que inspiren confianza en el público no especializado.

Poore (1976b) dijo que el éxito en la planificación del uso de la tierra depende de que se reconozcan los distintos intereses públicos y que sean categorizados con habilidad. La resolución de conflictos es esencialmente una cuestión de política. En el proceso de planificación, él recomienda una secuencia lógica: (1) identificar las principales áreas de interés público, (2) examinar los terrenos en función de su importancia para cada una de esas áreas, (3) comparar valores, y (4) resolver los conflictos. Para comprobar las bondades de cualquier acción se debe determinar la magnitud de su efecto en el bienestar humano; pero, según Poore, existen dos complicaciones para determinar el efecto de una acción: (1) muchos de esos efectos tardan tiempo en evidenciarse, y (2) los efectos pueden manifestarse lejos del lugar de origen.

El desarrollo y aplicación de sistemas de evaluación de la tierra recién se inicia en el neotrópico. Los parámetros climáticos, fisiográficos y edáficos fundamentales para tomar decisiones no han sido elaborados en todas partes y, donde existen, en general no son bien entendidos. Los mapas constituyen la base de la mayoría de las propuestas para la distribución de la aptitud productiva de los terrenos de la región. Además, la evaluación y planificación son procesos de largo plazo que sólo se pueden efectuar en etapas; sin embargo, hay una gran

presión que impele a tomar decisiones rápidamente para cumplir con necesidades inmediatas. Lo mismo sucede en las zonas templadas también. Por eso, la disposición de Young (1976), de que el sistema de planificación debe permitir revisiones a medida que aparezcan nuevos datos es de importancia crítica.

En la planificación del uso productivo de la tierra se usan dos tipos de criterios: (1) criterios físicos esencialmente constantes, y (2) criterios sociales sujetos a cambios en el tiempo. Los siguientes son algunos criterios específicos que ayudan a determinar si los terrenos se deben dedicar a la producción forestal, y si así fuera, los beneficios o productos más apropiados:

- Ambiente físico
  - El clima, particularmente la cantidad y uniformidad de la precipitación.
  - El suelo, particularmente su profundidad (capacidad de contener agua) y susceptibilidad a la erosión.
  - Fisiografía — particularmente valor escénico, laderas, contribución al posible uso del agua o inundaciones río abajo y accesibilidad.
  - Presencia y calidad de los bosques y características particulares, comparativamente escasas en otros sitios.
- Futuro ambiente social
  - Patrón de uso productivo del suelo y prácticas tradicionales.
  - Necesidades futuras relacionadas con el bosque, incluyendo las de poblaciones adyacentes y turismo.
  - Futuras presiones de la población humana: tierra para la producción de alimentos, uso del agua río abajo y suministro de madera, incluyendo las expectativas de exportación.

Como antes se mencionó, Holdridge (1959) indica que la agricultura sustentada en el agua de lluvia es más exitosa donde la precipitación y la evapotranspiración son más o menos iguales. Dubois (1971) aplicó otro criterio cuando fundamentó su recomendación para la producción de cultivos anuales, perennes, pastoreo, caucho, cacao, palma aceitera y madera, o para la agricultura migratoria, en la severidad y periodicidad de las inundaciones en la Amazonia. Holdridge (1976), con base en las evidentes presiones sociales, enumeró las zonas que con mayor probabilidad perderían sus

bosques en Costa Rica: (1) los llanos aluviales fértiles sin una estación seca marcada (las tierras bajas del Caribe), (2) los terrenos arables y fértiles con una estación seca larga, y (3) los terrenos montañosos de las laderas del Pacífico sujetos a sequías e incendios.

Plath y van der Steenis (1968), con base en datos disponibles sobre clima, suelos y pendientes, clasificaron las aptitudes de los terrenos de Centroamérica ( Cuadro 2-3). A partir de este cuadro, pareciera que sólo el 38% de los terrenos deberían ser usados para propósitos agrícolas. El resto son zonas necesarias para propósitos residenciales, comerciales e industriales; pero lo mejor para la mayor parte de los terrenos sería que permanecieran bajo cobertura forestal. La categoría que Plath describe como “cultivos extensos” en zonas húmedas parece corresponder a las zonas donde la agricultura migratoria es sostenible. La parte de la subregión dedicada a la agricultura migratoria es, con certeza, mucho más extensa que eso, cubriendo grandes extensiones de terrenos clasificados como inapropiados para la agricultura.

El sistema de clasificación de la aptitud productiva de los suelos creado por el Servicio de Conservación de los Suelos de los EE.UU. (Norton 1939) ha sido sometido a prueba en América Tropical. Este sistema se basa en la productividad, drenaje y erodabilidad del suelo. Un estudio en la región andina y parte de las cuencas del Amazonas y del Orinoco en Colombia (Cortés 1977) demostró que sólo el 20% del terreno es apropiado para sostener cultivos anuales; un 30% adicional son terrenos llanos o con pendientes suaves y pobre drenaje, o terrenos excesivamente pedregosos, empinados o sujetos a la erosión. El 50% restante es apropiado sólo para bosques, pastizales de especies nativas u otra vegetación natural que protege las cuencas y la vida silvestre.

McKenzie (1976) estimó que el 5% del territorio de Venezuela es apropiado para cultivos anuales, 32% para pastoreo y 62% para manejo de bosques. De acuerdo con Luna (1976), el 39% del país debe permanecer bajo cobertura forestal; de esa cantidad, el 31% (12% del país) debería mantenerse principalmente por los beneficios que proporciona y no por los bienes y el 69% (27% del país) para la producción maderera.

En 1978, Kudela estimó que el 25% de Cuba debería permanecer forestada (sólo el 13% lo era en aquel entonces). Se ha recomendado como idónea para bosques, la mitad de la superficie total de Puerto Rico

**Cuadro 2-3.—Capacidad de uso de la tierra en Centroamérica**

Categoría del uso de la tierra	Superficie	
	(millones km <sup>2</sup> )	(%)
Apropiado para la agricultura sostenible		
Clima más favorable (trópico húmedo)		
Cultivo intensivo		
Anuales	16	3
Perennes	4	1
Subtotal	20	4
Cultivo extensivo		
Anuales	6	1
Perennes	38	8
Con árboles	24	5
Subtotal	68	14
<b>Total</b>	<b>88</b>	<b>88</b>
Climas menos favorables	103	20
<b>Total (apropiado para agricultura)</b>	<b>191</b>	<b>38</b>
No apropiado para la agricultura sostenible (apr. para bosques)		
Climáticamente		
	115	23
De otro modo		
	193	39
<b>Total</b>	<b>308</b>	<b>62</b>
<b>Total superficie terrestre</b>	<b>499</b>	<b>100</b>

Fuente: Plath y van der Steenis 1968.

(Cuadro 2-4; Birdsey y Weaver 1982, Wadsworth y Schubert 1977).

Una conclusión común a la que llegan estos estudios sobre la aptitud productiva de la tierra es que grandes zonas que deberían permanecer con cobertura arbórea, son deforestadas, sobreexplotadas y abandonadas. La disparidad entre el ideal identificado por estos estudios y la realidad no debería relegarlos al olvido, pues conocer lo que es deseable reporta importantes beneficios; aún cuando esta disparidad está empeorando con el aumento de la población es posible dirigir la degradación a lugares donde se arriesga una menor cantidad de recursos y restaurar bosques en terrenos abandonados. La reforestación se puede centrar en zonas donde se logre un mayor valor agregado.

Una característica importante del estudio efectuado en Puerto Rico fue la identificación de terrenos donde

existen menos disputas en cuanto al uso, entre las agencias gubernamentales de desarrollo y los propietarios. Otra característica importante fue encontrar una actitud liberal en la expansión de la infraestructura (urbana, industrial y comercial) relacionada con el uso productivo de los terrenos; afortunadamente, esta actitud liberal y generosa resultó ser menor en función de toda la zona estudiada. Finalmente, los terrenos asignados a la agricultura fueron establecidos con base en una evaluación realista de los posibles mercados para los cultivos, de modo que en esta isla densamente poblada quedan grandes extensiones de terreno potencialmente disponibles para bosques. Teóricamente, más de un cuarto de la isla está disponible para beneficios intangibles; sin embargo, todavía es capaz de satisfacer con una tecnología comprobada, más de la mitad de la demanda por productos forestales proyectada para los próximos 25 años.

**Control del uso de los suelos.** El largo período que generalmente se necesita para producir bosques y cultivos forestales requiere que las inversiones se hagan donde no se vayan a perder por cambios arbitrarios en el uso de los terrenos. La naturaleza social e intangible de los beneficios forestales justifica la participación del gobierno para fomentar tal estabilidad. Puesto que el bienestar de naciones enteras y de sus culturas está en peligro, el pueblo tiene el derecho y la responsabilidad

de participar en las decisiones que afectan el futuro de los bosques nacionales.

Una consecuencia lógica de esta filosofía ha sido la reserva pública de bosques, particularmente los que se consideran valiosos por otras razones más importantes que la explotación inmediata de sus recursos madereros. Se han reservado bosques en la mayoría de los países tropicales del mundo, incluso en América Tropical. En el África Occidental, por ejemplo, entre 1929 y 1950 se crearon más de 600 reservas forestales en nueve países para un total de 146 000 km<sup>2</sup>; o sea, el 2,4% del territorio en cuestión (Bellouard 1952).

Sin embargo, Gordon (1961) advirtió del peligro que existe en reservar legalmente terrenos forestados que luego se consideran más apropiados para la producción de alimentos o forrajes. La responsabilidad de reservar y proteger terrenos forestados generalmente se deja en manos de agencias forestales gubernamentales. Según Gordon, los forestales podrían engañarse si creen que la mayor parte de los terrenos reservados en el pasado para propósitos forestales permanecerán en el futuro.

Los problemas inherentes al establecimiento de reservas sin tomar en cuenta el entorno social pueden ilustrarse con las experiencias sufridas en Venezuela. En 1950, en los llanos occidentales se reservaron acerca de 9370 km<sup>2</sup>

**Cuadro 2-4.**—Uso futuro potencial de la tierra en Puerto Rico

Categoría del uso	Principal uso sostenible	Superficie	
		(miles km <sup>2</sup> )	(%)
Urbano	Residencial, industrial, comercial	100	
Cultivos agrícolas	Cultivo de alimentos y forrajes	345	
Otros terrenos rurales			
Mangles, pantanos	Bosques de protección	10	1
Precipitación >250 cm/año	Bosques de protección	43	5
Precipitación 100–250 cm/año			
Pendiente >60%	Bosques de protección	68	8
Pendiente <60%	Bosques de protección y productivos	202	23
Precipitación <100 cm/año	Bosques de protección	122	13
<b>Subtotal</b>		<b>445</b>	
<b>Total</b>		<b>890</b>	<b>1</b>
Resumen del uso forestal			
Protector solamente		243	27
Protector y productivo		202	23

de bosques (Veillon 1977). Debido a que gran parte de ese terreno es llano y bien irrigado, se inició el establecimiento creciente de campesinos con fines agrícolas y pastoreo del ganado (Luna 1973). Los esfuerzos del gobierno por controlar estas prácticas sin generar reacciones hostiles no han sido efectivos, y en consecuencia, se segregó parte de una reserva para la agricultura. Luego se permitió a los transgresores vender sus cultivos, lo que aumentó la presión. Para 1973, la Reserva de Turen casi había desaparecido (Luna 1973); el total de los bosques reservados se había reducido en un tercio a 6270 km<sup>2</sup> (Veillon 1977). Sin embargo, más de la mitad de la deforestación se ha dado en la zona premontana, donde la protección a las nacientes de los ríos es necesaria. En 1977, Veillon denunció que para el año 2000 desaparecerían la mitad de los bosques remanentes en la reserva. En el neotrópico, los bosques muy húmedos y húmedos existentes en 1992 abarcaban 6,80 millones km<sup>2</sup>, un 22% menos de los 8,73 millones km<sup>2</sup> que originalmente había (Anón. 1993b).

En resumen, los terrenos forestales -definidos como los terrenos que se deben dedicar a los bosques, independientemente de si en la actualidad están forestados o no- constituyen una parte significativa de cada país en el neotrópico. Estos terrenos abarcan todos aquellos donde pueden crecer bosques, y que no se necesitan ahora o en un futuro próximo para otros propósitos. En la mayoría de los países, la deforestación, racional e irracional, restringe los bosques a terrenos que deben permanecer forestados por razones ajenas a la productividad maderera, tales como las siguientes:

- zonas inservibles para otros propósitos
- zonas de valor escénico ya en uso para propósitos recreativos y turísticos
- cuencas superiores lluviosas y empinadas, particularmente donde el uso actual del agua es crítico
- zonas inundables, áreas costeras y arbolados espinosos

En conjunto, estos bosques quizás no sean lo suficientemente extensos o productivos como para suministrar productos necesarios (ni se deberían usar para tales propósitos). Mientras puedan proporcionar beneficios forestales, constituyen un ambiente quizás estable, y su permanencia como bosques puede

garantizar otros beneficios a largo plazo. Pero, debido a que estas zonas tienden a ser marginales, tanto para la producción forestal como para la agricultura, quizás sea necesario contar con más terrenos para productos forestales. Por consiguiente, se deben de investigar terrenos más favorables para determinar su posible rendimiento forestal.

Los bosques públicos reservados no garantizan la producción forestal. En el pasado, algunas reservas de una región se han dejado sin protección, olvidadas y perdidas. La mayor parte de los terrenos aptos para bosques son de propiedad privada, ocupados y demasiado caros como para que el gobierno piense en adquirirlos. Así, se necesitan incentivos para que los propietarios de terrenos conserven, manejen o reforesten sus propios terrenos. Tales incentivos deben asegurar una producción forestal continua. Este objetivo se puede cumplir parcialmente intercalando bosques y terrenos cultivados, pero el éxito depende, más que todo, de contar con buenos mercados y un esfuerzo serio de extensión que involucre a los propietarios de bosque y a las comunidades rurales.

### **Terrenos forestales: la repartición del uso**

El requisito previo para un manejo intensivo del bosque, que promueva una producción creciente y sostenida, es que genere otros beneficios aparte del rendimiento del producto. El cultivo y manejo intensivo de una plantación requieren pericia técnica, y la mayor parte de los ingresos pueden beneficiar a los residentes rurales, con lo que se contrarresta la emigración a las ciudades. Del mismo modo, gran parte del procesamiento de la madera se puede efectuar con tecnología intermedia en zonas rurales. Un estudio en Australia demostró que la explotación y procesamiento de madera aserrada proveniente de plantaciones proporcionaban empleo continuo a un grupo de 6 a 26 personas por cada 10 000 m<sup>3</sup> de producto (Greig 1979). Para la administración y servicios recreativos en el bosque solamente se empleaban de 4 a 7 personas por 100 000 días-visitante. A nivel mundial, la cosecha y procesamiento de madera industrial, más el trabajo silvicultural asociado y los servicios periféricos emplearon casi 75 millones de personas en 1963 (Sartorius y Henle 1968).

En el futuro, el manejo de bosques productivos se tornará progresivamente más complejo, involucrando la conservación de ecosistemas naturales, la supervivencia de especies, el flujo favorable de energía y materiales y la renovación orgánica, el valor escénico y las

consecuencias múltiples de la actividad humana en los bosques (Ovington 1974). Además, a pesar de la importancia de la economía en la toma de decisiones, debe de respetarse el estilo de vida de los individuos, familias y tribus cuyo patrimonio está arraigado en los bosques y terrenos aledaños. Sólo haciendo un uso completo de las habilidades, características, creencias y prejuicios de los pobladores locales se puede mejorar la productividad general de los terrenos (Beresford-Pierse 1962).

Nuestra preocupación en este libro es la producción forestal; por ello, un punto de partida lógico es identificar las zonas apropiadas para tal producción. A menudo se ha pasado por alto la importancia de este paso; sin embargo, este no es un proceso simple. La selección de terrenos debe comenzar con una revisión de los objetivos que se persiguen. A continuación se presenta una lista de los propósitos principales de los bosques, adaptada de Poore (1976b), la cual puede servir de guía en la selección: (1) apoyo a los pueblos indígenas, (2) avance en el conocimiento científico, (3) preservación del germoplasma, (4) conservación del suelo y agua, (5) instrucción al público, (6) recreación pública, (7) control biológico, y (8) producción de bienes, tales como la madera.

Todos los bosques tropicales sirven para más de uno de estos propósitos; sin embargo, no todos tienen las cualidades necesarias para servir varios propósitos con el mismo grado de eficiencia. Los distintos propósitos no son completamente compatibles, así que al proporcionar ciertos beneficios forestales, se limitan las oportunidades de obtener otros beneficios en la misma zona. La incertidumbre inicial generalmente tiene que ver con cuánto territorio se necesita para cada propósito, y cuántos propósitos se pueden servir al mismo tiempo en una misma zona. Ningún régimen fijo puede guiar todas estas decisiones. Debido a que el enfoque del proceso debe centrarse en objetivos a largo plazo, es prudente evitar, minimizar o postergar decisiones irreversibles que excluyen otras alternativas que más tarde podrían considerarse superiores. Las restricciones que más tarde se consideren innecesarias o excesivas pueden cambiarse con facilidad y la pérdida temporal del uso sería un costo menor.

La dedicación de terrenos para uso forestal debería ser tan liberal como factible para todos los beneficios previsible. En los trópicos, se sabe muy poco sobre los tipos de bosques más apropiados para cada propósito y

la extensión de terreno que cada propósito requiere. Mientras tanto, cuanto mayores sean las extensiones de terreno que se preserven, tanto más seguramente se podrá satisfacer las necesidades futuras. Idealmente, debería haber un margen de seguridad para compensar posibles errores de juicio, y además, para cada zona se deberían proyectar múltiples usos compatibles.

El uso de la tierra debe planificarse racionalmente mediante un análisis integral de los recursos (Norton y Walker 1982). Una región se puede dividir en unidades de terrenos, homogéneas en cuanto a clima, tipo de suelo, pendiente, tipo de vegetación, hábitat o accesibilidad. Luego, se debe evaluar cada unidad para determinar su capacidad de ofrecer beneficios previsible. La capacidad podría ser representada en una serie de mapas transparentes superpuestos, que muestren la idoneidad de cada unidad terrestre para cada tipo de uso. Al montar los mapas transparentes unos sobre otros, se lograría una imagen compuesta que muestre donde se pueden integrar los usos compatibles, o en qué sitios chocan menos los usos incompatibles. En la actualidad, los sistemas de información geográfica están revolucionando este proceso mediante la clasificación y superposición de distintas características de los terrenos en forma electrónica.

Las directrices recomendadas para la región del Amazonas (Dubois 1979) ilustran la aplicación de principios sólidos de uso de la tierra en una zona subdesarrollada: (1) mantener la mayor superficie posible bajo protección y sin modificación alguna, hasta que se conozcan mejor los ecosistemas, (2) concentrar esfuerzos en la consolidación de zonas ya colonizadas, (3) limitar las nuevas colonizaciones a las zonas de mayor fertilidad, (4) usar sistemas de producción semejantes a los de la naturaleza, y (5) dentro de las zonas colonizadas, determinar la aptitud de parte de la zona para el uso forestal.

**Culturas que dependen de los bosques.** Los recursos del bosque que deben acomodarse primero son los más vulnerables al deterioro irreversible por el maltrato. Existen culturas indígenas de características individuales únicas que dependen del bosque en gran parte de la América Tropical. Para la preservación de tales culturas, se deben de reconocer como zonas críticas los lugares donde las costumbres de las tribus forman parte íntegra del bosque y dependen en gran medida del uso consuetudinario de lugares, suelos, recursos de fauna y flora, migración estacional y rutas de transporte. Estos

pueblos generalmente constituyen una rica reserva de información sobre plantas alimenticias y medicinales, estrategias de supervivencia y conceptos sociales que deben ser preservados y que quizás sean útiles en otras regiones. La interacción entre las tribus del bosque y el mundo exterior casi siempre erosiona el delicado equilibrio que tradicionalmente ha existido entre las tribus y su ambiente natural (Poore 1976b). Por lo tanto, se debe controlar estrictamente la llegada de usuarios externos, incluso turistas y científicos, si se desea la supervivencia de tales culturas.

**Estudio científico.** El segundo recurso más frágil del bosque, la diversidad orgánica, parecería tener poco valor a primera vista. Sin embargo, los recientes estudios sobre la diversidad y dinámica de los ecosistemas muestran beneficios que, se prevé, son de largo alcance. La principal información generada evidencia las interacciones entre los sistemas vivientes como un todo, y entre sus componentes individuales y el desarrollo co-evolutivo del medio ambiente, interdependencia y simbiosis que han guiado, y podrían seguir guiando, a la sociedad humana en su búsqueda de formas de vida más armoniosas y duraderas en el medio tropical.

Las manifestaciones del avance evolutivo, vitales para el bienestar del ecosistema, se pueden apreciar en bosques donde el desarrollo conjunto de organismos se ha dado con poca perturbación de actividades humanas. En tales ambientes, debido a su larga estabilidad relativa, las relaciones ecológicas de causa y efecto son más evidentes y mejor desarrolladas. Por consiguiente, para efectuar estudios científicos no destructivos, deben preservarse sin modificación alguna las zonas autosostenibles de bosques poco disturbados, ubicados en unidades climáticas o edáficas claramente definidas. Tales zonas deben permanecer libres de perturbación humana a lo largo de un número indefinido de estudios sucesivos. Estas zonas deben ser lo suficientemente grandes como para tener un carácter autónomo, e idealmente deben estar protegidas por zonas de amortiguamiento para preservar especies raras y migratorias de la fauna silvestre. En ecosistemas complejos tales como los bosques húmedos tropicales, para tener una zona con carácter autónomo se requieren reservas de mayor extensión de lo que en principio se podría pensar (Terborgh 1976), o bosques continuos adyacentes. Las zonas forestales sin modificar también sirven como puntos de referencia para registrar cambios a nivel mundial a largo plazo. En algunos países y regiones ya es demasiado tarde para establecer reservas

ideales de tal magnitud, aún si la opinión pública pudiera ser movilizada para apoyarlas; sin embargo, bajo tales condiciones, siempre es conveniente reservar áreas representativas en cuanto a suelo o clima, aún si los bosques están muy modificados o no tienen cobertura forestal alguna, pues con el tiempo estas zonas gradualmente podrían revertirse a ecosistemas forestales con muchas de las características del bosque original.

**Preservación de la biodiversidad.** Un tercer beneficio de los bosques nativos es la diversidad de genotipos de especies útiles, o potencialmente útiles. Muchas plantas y animales esenciales para el bienestar de los ecosistemas naturales -alimenticias, medicinales, extractos útiles y animales estéticamente atractivos, o que pueden ser usados como alimento- se distribuyen escasamente a través de grandes extensiones de bosque tropical y su desaparición debe ser evitada. La dificultad está en determinar cuáles especies serán de mayor importancia en el futuro, hasta qué punto están en peligro de desaparecer y si son genotipos significativamente diferentes y en qué parte del bosque ocurren. Para la mayor parte de la región, no se cuenta con esta información, ni con los métodos para asegurar la preservación de todos los genotipos; por lo tanto, si se deben preservar las especies raras pero posiblemente útiles, es urgente ubicarlas y evaluarlas. La evaluación puede, de hecho, ser interminable a medida que se descubren nuevos valores potenciales de un recurso. La preservación de especies raras puede darse parcialmente con la reserva de zonas forestales; pero siempre es necesario determinar los requerimientos de hábitat de las especies críticas para lograr el manejo forestal sostenible. Si se integran correctamente, las áreas forestales reservadas para estudios científicos no destructivos podrían ser compatibles con las zonas usadas por grupos indígenas dependientes del bosque y las dedicadas a la preservación de la biodiversidad.

**Conservación de suelo y agua.** Un cuarto beneficio, la conservación del suelo y del agua, ha sido ampliamente documentado. La importancia de los bosques con respecto a la erosión y a la infiltración del agua se ilustra mediante los datos del efecto de tres tormentas sobre laderas con un declive del 20% en Cuba (Cuadro 2-5; Herrero *et al.* 1975). Particularmente impresionante es el gran contraste entre la erosión sufrida por bosques, pastizales y zonas cultivadas; la infiltración fue casi la misma en los pastizales no pastoreados y en los bosques, y menor en las zonas cultivadas.

**Cuadro 2-5.**—Influencia de la vegetación en la erosión e infiltración en los bosques tropicales de Cuba

Vegetación	Intensidad de la precipitación (mm/min)	Tasa de erosión (kg/ha)	Tasa de infiltración (mm/min)
Bosque de esp. latifoliadas de 40 años	3.3–3.5	10.4	3.4–3.5
Bosque de pinos de 40 años	2.0–2.3	2.2	2.0–2.3
Terrenos de pastoreo en desuso	3.3–3.5	7.3–115.6	3.3–3.5
Yuca cultivada, 3 meses de edad	2.1–2.3	1,591–4,874	1.7

Fuente: Herrera *et al.* 1975

La superioridad de los bosques en cuanto a la retención del suelo e infiltración del agua es mayor en las laderas empinadas, en suelos sueltos y bajo condiciones de precipitación muy intensa. Los beneficios de la cobertura forestal varían también con la magnitud del impacto económico de la erosión e inundaciones aguas abajo. Los bosques dedicados a la conservación del suelo y agua son, por consiguiente, de mucho valor en zonas lluviosas, pero también sean quizás esenciales para la estabilidad de los suelos en climas secos donde los chaparrones, aunque infrecuentes, pueden ser intensos. Particularmente críticas son las cuencas que sirven zonas de cultivos bajo irrigación actual o potencial en llanuras inundables, acuíferos en terrenos bajos y fuentes de agua para uso urbano e industrial. Los bosques dedicados a la conservación del suelo y agua también pueden usarse con otros propósitos, siempre que no se afecte su capacidad de protección básica. Este tipo de bosques, por ejemplo, pueden ser compatibles con el uso de grupos indígenas que dependen de los bosques, la preservación de la biodiversidad y el estudio científico no destructivo.

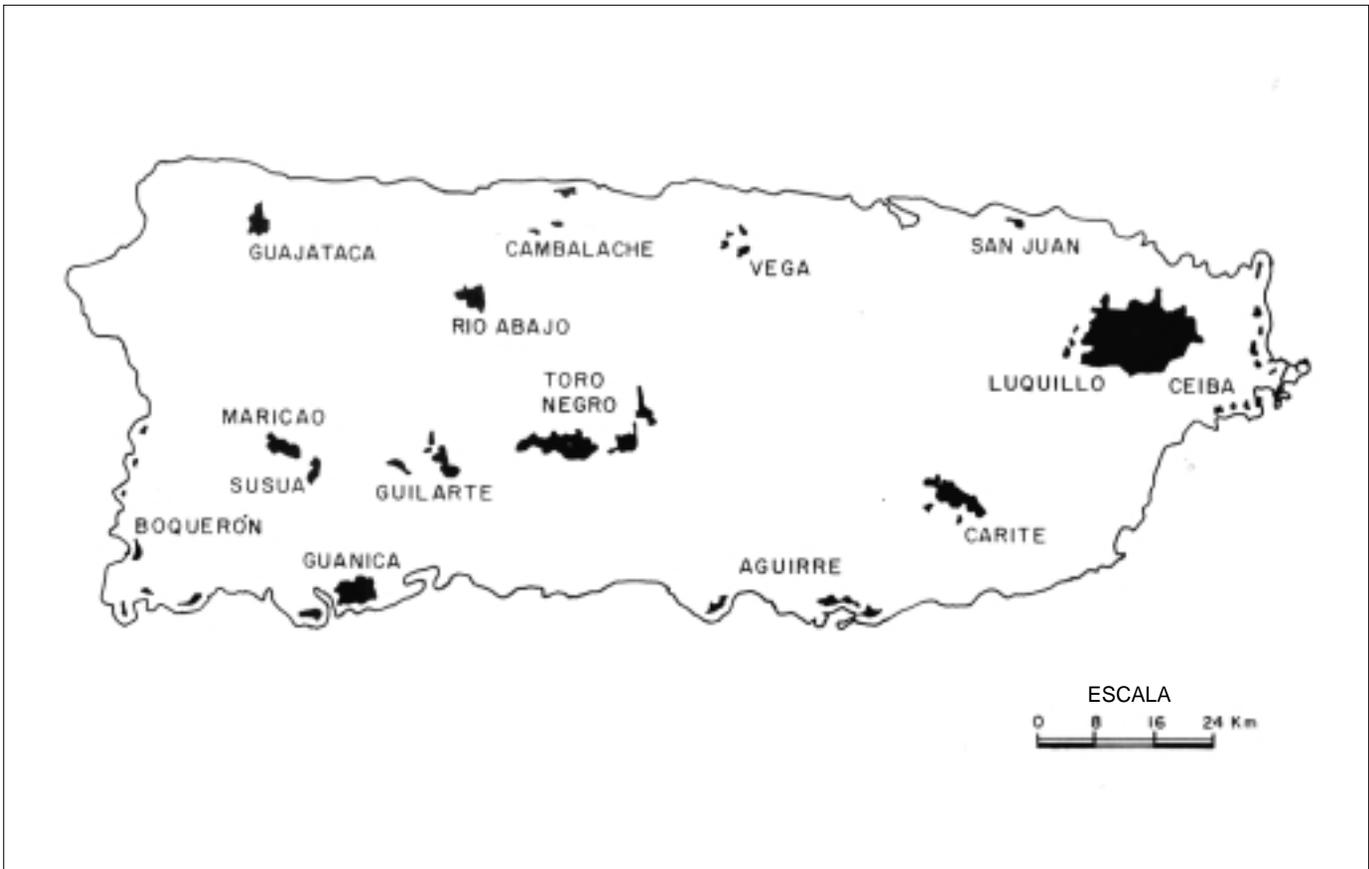
La importancia de los bosques para las orillas de los ríos es especialmente evidente a lo largo del Amazonas, donde una deforestación extensa en algunas zonas ha arruinado el agua de tal forma, que los organismos acuáticos han desaparecido y los vectores de enfermedades se han diseminado (Sioli *et al.* 1969). Buenas prácticas silvícolas, sin embargo, pueden prevenir tales consecuencias.

**Ilustración al público.** La totalidad de beneficios que un bosque ofrece no serán evidentes sin la participación y apoyo del público en general, incluso de gente que vive lejos del bosque. No puede esperarse que el público entienda el bosque si no posee un cierto conocimiento de primera mano en cuanto a los bosques y sus beneficios;

por ello, se debe promover que el público visite los bosques donde se demuestran tales beneficios. Así, se deben identificar, mantener y desarrollar bosques que sirvan a este propósito; buscar la participación de los jóvenes, especialmente los estudiantes; idealmente, los currículos educativos debieran considerar visitas a los bosques, además de instrucción e investigación forestal. Una red de sitios forestales educativos que muestren una amplia gama de beneficios forestales y cercanos a las ciudades para facilitar las visitas del público, sería de gran provecho. En Puerto Rico ya existe tal red (Fig. 2-17). Estas zonas deben demostrar los beneficios de un buen manejo en un área reducida para que los visitantes la puedan recorrer a pie. Además, deben ser manejadas de modo que sean completamente compatibles con la preservación de la biodiversidad y la conservación del suelo y agua.

**Recreación pública.** Acampar, explorar y visitar zonas forestales de gran belleza escénica y clima favorable son actividades terapéuticas reconocidas para una vida urbana cada vez más frenética. El término “vacación” significa literalmente ‘desocupar’, alejarse de la rutina. Para tal propósito, los bosques extensos son idóneos pues proporcionan aventuras y recreación menos extenuante. Los bosques recreativos deben ser razonablemente accesibles desde los centros poblados, y ofrecer instalaciones básicas para acomodar a los visitantes en una pequeña área, preferiblemente en la periferia. Un producto de la recreación forestal sería el mayor aprecio del público por los beneficios y necesidades de los bosques. Este tipo de bosque debe ser compatible con la conservación de suelo y agua y con la ilustración al público (Fig. 2-18).

**Producción de bienes.** Estadísticas recientes sobre el consumo de madera en la región demuestran la necesidad de producir madera y otros productos afines en los bosques tropicales (Cuadro 2-6). Entre 1982 y



**Fig. 2-17.**—El sistema público de reservas forestales de Puerto Rico incluye diversos climas, suelos y ecosistemas.

1992 hubo un aumento superior al 20% en el uso de madera y 13% en el consumo de pulpa y papel (Anón. 1993b), aumento que probablemente ha de continuar. No obstante, FAO sugiere una reducción leve en el uso de madera, de 1,00 al 0,96 m<sup>3</sup> per capita y de 45 a 42 kg en productos de pulpa y papel. Los terrenos forestales elegidos para la producción deben ser capaces de rendir cosechas repetidas de árboles de buena forma y crecimiento, donde la topografía y el acceso facilitan la extracción y el mercadeo. El área forestal requerida para cumplir con una demanda cada vez mayor puede ser sólo una pequeña porción del total del bosque, pero su tamaño debe aumentar con el tiempo, o aumentar la productividad, o ambos. Como mínimo, los terrenos forestales dedicados a la producción de madera deben ser adecuados para cumplir con los requerimientos proyectados a futuro, con base en la productividad esperada del manejo intensivo.

Al seleccionar terrenos para la producción de madera se deben reconocer los límites prácticos de la

productividad. Por ejemplo, en Bolivia los mejores bosques de caoba se encuentran en las tierras bajas, pero a la vez, estas zonas son también las mejores para la agricultura, la cual posiblemente sea el mejor uso (Scott 1961). En el otro extremo, las tierras de bosque seco del Brasil, los llamados “campos cerrados”, que Beard (1953) considera son el resultado de extremos de inundación y sequía en latosoles seniles, muestran evidencias de agua a 2-3 m de profundidad (Denevan 1965, Ferri 1961, Rawitscher 1950, Young 1976). Salvo que se produzcan incendios, sería posible establecer bosques en esa región; desde luego, habría que determinar la posible productividad de madera.

Las distintas condiciones de los suelos del Amazonas constituyen ejemplos intermedios. Dubois (1971) recomendó que los manglares se usaran para producir tanino; que los bosques de *varzea* sujetos a la influencia de las mareas se usaran para madera, palma aceitera, caucho y cacao; la *varzea* estacional para madera y forraje y los suelos superficiales de los *facies de igapó*



**Fig. 2-18.** — Con instalaciones simples en sitios de gran belleza natural se puede ofrecer recreación dentro del bosque, como este en Puerto Rico.

(bosque anegado durante largo tiempo) se usaran para madera. En tierra firme, Dubois propuso una combinación de madera, cultivos alimenticios perennes, pastoreo y agricultura migratoria. También se podría cultivar la nuez del Brasil (castaña del Pará). En la medida en que la producción de productos forestales requiere la modificación del bosque, este uso puede ser incompatible con la preservación de la biodiversidad y la recreación; sin embargo, debidamente integrada, podría ser compatible con el uso de grupos indígenas y la conservación de suelo y agua.

**Integración de usos del bosque.** La evaluación de los posibles beneficios óptimos de los bosques tropicales podría parecer inútil en vista de las dificultades sociales inherentes a la tala descontrolada de los bosques estatales, para establecer cultivos u otras formas de agricultura. Sólo con metas razonables se podría guiar la planificación del uso de la tierra. Por lo tanto, la planificación debe evidenciar la naturaleza y magnitud de áreas forestales sacrificadas en aras de otros usos importantes o inevitables, además de los sacrificios inherentes a cualquier cambio del uso forestal.

Debido a que ninguna zona puede producir todos los beneficios deseados, el papel de los bosques individuales debe ser determinado a través de compromisos. Cada uso posible rinde un distinto beneficio acumulado durante distintos períodos, y muchos beneficios forestales son difíciles de cuantificar económicamente. Un axioma es asignar un alto valor a

**Cuadro 2-6.**—Consumo de madera en América Tropical en 1992

Región	Consumo de productos de madera	
	Madera (millones m <sup>3</sup> )	Pulpa, papel y cartón (millones toneladas)
México	23.1	4.3
Centroamérica	31.2	.6
Caribe	11.9	.6
Trópico sudamericano	315.2	10.8
<b>Total</b>	<b>381.4</b>	<b>16.3</b>

Fuente: Anón. 1993a.

Nota: El consumo se calcula sumando las importaciones y la producción, y sustrayendo las exportaciones.

beneficios únicos o que requieren bosques que, una vez modificados, nunca más servirían al propósito original. Las zonas que más necesiten una protección total de las influencias destructoras externas (terrenos pertenecientes a las tribus, ecosistemas vírgenes y zonas de especies raras), quizás no sean las que ofrezcan un rendimiento económico grande e inmediato.

La incompatibilidad entre distintos usos de los bosques sugiere que ningún beneficio sería maximizado, aún en las zonas donde parecería ser el más apropiado. Por ejemplo, para preservar el suelo, la calidad del agua y el hábitat animal, debe reducirse la producción forestal.

### Políticas de producción

Las actividades humanas pueden comprometer la productividad primaria, la biodiversidad y la estabilidad a largo plazo de los ecosistemas naturales. Cómo acomodar tales actividades sin una pérdida permanente de estos valores es un desafío ecológico de grandes proporciones (Farnworth y Golley 1973). La complejidad de esta cuestión no debe pasar desapercibida para el profesional forestal. Meyer *et al.* (1961) llegaron a la conclusión, hace muchos años, de que en pocas disciplinas los objetivos del manejo de los recursos serían tan difíciles de lograr, o los problemas tan complejos o los esfuerzos de tal magnitud, como en el manejo de los bosques. La razón fundamental para que el hombre intervenga en la producción forestal es que la naturaleza requiere de mucho tiempo para producir ciertos valores útiles para los seres humanos.

Laurie (1962) se refirió al gran homenaje que se le ha dado a la *biocenosis*, el equilibrio biológico y la armonía que existe en los bosques naturales, pero que no son útiles para la producción de productos forestales. Una silvicultura apropiada es un compromiso entre el respeto por la naturaleza y las consideraciones económicas a corto plazo (Smith 1962). Un bosque manejado, compuesto principalmente de especies arbóreas útiles, puede diferir radicalmente de la asociación *clímax*; y sin embargo, puede ser más vigoroso, más productivo y mejor protegido contra el daño (Smith 1962).

Los tratamientos que buscan un aumento inmediato del rendimiento, tales como la regulación de la composición del rodal, la estructura o densidad del rodal, reducen el grado de utilización del sitio (Spurr 1961). Pero, los tratamientos que afectan la productividad o el potencial genético de un rodal son efectivos sólo después de largos períodos.

La producción equilibrada de valores económicos y culturales del bosque requiere de mucho tacto en las regiones subdesarrolladas debido a la desesperada necesidad de obtener rendimientos financieros a corto plazo. Se han propuesto dos enfoques opuestos para la integración de estas metas (Dawkins 1964b): uno es manejar los bosques comerciales en función de todos los valores que ofrece. El otro enfoque es desarrollar la producción de madera en bosques que deben ser preservados principalmente por sus valores no comerciales.

Las políticas de producción deben reflejar el amplio espectro de necesidades que la producción forestal debe satisfacer en los trópicos. Una política tiene que ver con el énfasis relativo que se ha dado a los productos y servicios del bosque, pues pareciera deseable producir la mayor cantidad de madera requerida a nivel local con el fin de minimizar las importaciones. Sin embargo, también existe la necesidad de preservar ecosistemas representativos, hábitats silvestres naturales, o bosques de hermosos paisajes para la recreación y el turismo; objetivos no totalmente compatibles con la maximización de la producción de madera. La solución eventual, aunque no inmediata, no es la separación geográfica de los usos forestales sino su integración. El equilibrio apropiado depende hasta cierto grado de la conciliación, siempre que existan terrenos forestales disponibles. No hay una regla de aplicación general; las necesidades de cada país se deben considerar de manera independiente.

La segunda política tiene que ver con el grado en que la producción forestal atiende mercados nacionales o de exportación. La ventaja aparente de abastecer el mercado local puede ser parcialmente contrarrestada por el mayor rendimiento neto que ofrece la exportación de maderas finas. Por otra parte, por razones de seguridad nacional, no se debe depender excesivamente del comercio, tanto a nivel de fuente de abastecimiento como de mercado; por lo tanto, la solución óptima en estas circunstancias quizás sea una decisión política en la cual los rendimientos económicos constituyen sólo un factor entre otros.

Una tercera política se relaciona con la producción forestal en manos públicas o privadas. En la mayoría de los países de la región, el dominio de los bosques ha pasado del dominio público al privado. Las iniciativas del gobierno sirven principalmente para estimular la producción privada. En terrenos marginales, los rendimientos de cultivos madereros y empleos asociados también pueden ser financieramente atractivos, si se desarrolla una tecnología apropiada. Pero al público le interesan otros valores forestales no necesariamente económicos, tales como la rehabilitación del suelo y la biodiversidad forestal. Toda zona forestal de propiedad pública, por muy pequeña que sea, puede ser valiosa para objetivos sociales que no interesan a los propietarios privados, y como ejemplo de manejo forestal diversificado para mostrar a los mismos propietarios privados.

La cuarta política se relaciona con el grado en el que se pueden (o deben) efectuar usos múltiples en los bosques tropicales. Es imposible manejar un bosque a partir de alguno de sus valores sin aumentar o disminuir los otros. Sin embargo, quizás exista una gran ventaja en el manejo de usos integrados, en vez del manejo de un sólo objetivo económico, aún si hay costos financieros. El primer enfoque es más atractivo para los propietarios forestales públicos; el segundo es apropiado para los bosques privados.

La quinta política tiene que ver con las tendencias del rendimiento. Un principio básico del manejo forestal es la estabilidad del rendimiento. Si los rendimientos actuales caen por debajo del rendimiento potencial, quizás sea posible aumentarlos para que abastezcan las necesidades futuras de madera, o generen exportaciones significativas a nivel nacional. Toda meta de producción futura no debe exceder los niveles sostenibles; aprovechar por encima del nivel de sostenibilidad se

justifica solamente en tiempos de emergencia o si una catástrofe inminente pone en peligro la cosecha. Ni siquiera el aprovechamiento del primer ciclo, cuando se cosecha una gran cantidad de árboles demasiado maduros, debe exceder el rendimiento sostenible esperado.

Hay muchos argumentos para establecer como máximo el rendimiento sostenible. Las tendencias actuales de la tasa de explotación de productos del bosque tropical no muestran señales de declinación. Si no se aseguran los rendimientos futuros ahora mismo, es probable que en los años venideros haya una mayor escasez, muy superior a cualquier restricción que hubiera que aplicar en el consumo actual. El rendimiento sostenible ha sido criticado como de carácter incierto, pero no lo es; lo que sí puede ser incierto son los datos disponibles para predecir los niveles de rendimiento a futuro. Maximizar el valor actual de todos los beneficios forestales netos parece ser una base sólida para predecir el rendimiento sostenible a futuro; pero eso requiere una evaluación completa de los valores intangibles del bosque y los impactos sociales y económicos de rendimientos constantes, variables o declinantes (Pant 1977). Estos valores son tan inciertos que toda meta de rendimiento se debería establecer arbitrariamente en algún punto que se considere óptimo, y por más imprecisa que sea la forma de determinarlo, el concepto del rendimiento sostenible es fundamental para el manejo forestal. Si se aumenta el nivel de explotación, hay que asegurarse que ese aumento sea sostenible.

El concepto de rendimiento sostenible, sin embargo, es puesto en duda como objetivo de producción en bosques secundarios de calidad inferior a la de bosques primarios. Aunque los bosques secundarios quizás rindan la misma cantidad de productos que los bosques primarios, los productos no necesariamente son de la misma calidad. Además, la mayoría de las aspiraciones humanas en los trópicos son cortoplacistas; por ello, el hecho de sacrificar el consumo actual para alcanzar rendimientos sostenibles en un futuro remoto, se considera como fuera de la realidad del mundo en desarrollo (Leslie 1977). Sin embargo, tal realidad no va acorde con el futuro. Así, a pesar de la disminución continua de los terrenos forestales, el rendimiento sostenible debe ser un objetivo de la producción forestal; de hecho, este constituye la base fundamental de la ciencia forestal (Gentle 1987).

El principio de sostenibilidad no debe vincularse dogmáticamente con el tamaño y la composición de las cosechas iniciales de madera. El manejo forestal debe buscar rendimientos altos de los productos que más se necesitarán en el futuro, incluso árboles más pequeños y especies que ahora no están en uso. Ambos cambios son componentes legítimos de la futura productividad sostenible.

**Protección forestal.** La protección forestal comienza con la protección a los bosques existentes. Protección no quiere decir necesariamente impedir el uso o la modificación de los bosques. De hecho, el término “conservación” ha sido definido como “uso prudente” (Leopold 1933). Algunos bosques, según se ha indicado, están en terrenos que podrían ser mejor usados para otros propósitos. Sin embargo, todos los bosques, por su mera presencia, rinden ciertos beneficios: pueden ser los mejores y más baratos custodios del terreno. A menos que exista otro uso sostenible mejor como alternativa, lo más razonable es favorecer la protección y la conservación de los bosques existentes.

La protección de los bosques significa más que simplemente prevenir su destrucción. La mayoría de los valores forestales son sistémicos, por la contribución de un sinnúmero de organismos que interactúan para utilizar y almacenar energía y nutrientes que de otro modo se perderían. La protección, por lo tanto, significa la salvaguarda de este proceso, aún en bosques no inminentemente amenazados por la destrucción. La cosecha de los mejores especímenes de una o más especies de plantas o animales puede afectar severamente al ecosistema remanente. La presencia de desechos sólidos, líquidos o gaseosos provenientes de actividades humanas, también puede causar estrés en los bosques; por ejemplo, el uso de bosques pantanosos como vertederos de aguas negras y los gases emitidos por los vehículos a lo largo de carreteras principales.

El nivel preciso de protección es incierto, pues los requerimientos y recursos de los bosques no se conocen por completo, ni se han evaluado en detalle. La utilidad real de los recursos vegetales del bosque tropical se evidencia en la cantidad de especies, usadas con distintos fines, por los pueblos que han vivido durante siglos allí. Sólo en la región noroeste de la Amazonia se han encontrado 1600 plantas medicinales y alucinógenas (Schultes y Raffauf 1990). En la región del Caribe se han descrito 798 plantas medicinales (Liogier 1990).

Otros productos forestales incluyen látex, gomas, frutas, nueces, cañas y miel. Estos productos tradicionalmente son extraídos de los bosques naturales y han recibido muy poca atención. Algunas resinas oleaginosas, como el “elemi”, extraídas a partir de *Amyris*, *Canarium* y *Proteum*, se usan en la manufactura de barnices y pinturas, plásticos y tinturas para la imprenta (Tongacan 1972). El látex gutapercha, extraído del *Palaquium*, y la goma balata, extraída del *Manilkara*, son gomas inelásticas, resistentes a la pudrición, que se usan para aislar cables subterráneos o submarinos. El chicle, extraído también de *Manilkara*, es un ingrediente de la goma de mascar y está legalmente protegido en los bosques del sur de México. El tanino, anteriormente extraído de los manglares, se produce de manera intensiva en plantaciones de *Acacia* y *Albizia* (Tongacan 1973). El rattan proviene de varias especies de *Calamus*, enredaderas que viven en los bosques nativos (Fig. 2-19) y que se han propagado en la India bajo una rotación de 15 años (Ordinario 1973). La cosecha de la nuez del Brasil es tan importante para la economía brasileña como para instaurar una ley nacional que prohíbe la tala de los árboles maduros. El valor de la miel y cera de abejas en los bosques nativos de Tanzania justifica la preservación de grandes zonas boscosas (Tesda 1968). El Cuadro 2-7 (Krishna Murthy 1967, 1974) ofrece una lista parcial de otros productos diferentes de la madera provenientes del bosque que se aprovechan en la India.

Con toda certeza, en el futuro la sociedad humana habrá de desear que la diversidad de productos forestales sea mayor (y no menor). La preservación de la diversidad en la fuente misma de tales recursos exige la protección perpetua de los bosques, como si fueran grandes almacenes de conocimientos aún no descubiertos. Una protección tal requiere patrullajes para monitorear y prevenir el maltrato a los bosques. Una tarea más grande pero más satisfactoria es la de moldear la opinión pública para que, en vez de resistir, apoye la protección forestal. Esto requiere un esfuerzo continuo a gran escala y el uso de todos los medios disponibles para convencer especialmente a la gente de ciudad, de que los bosques son beneficiosos, no sólo porque producen bienes sino también para muchos otros propósitos.

El mismo grado de protección que se brinda a los bosques existentes, debe brindarse también a terrenos forestales sin cobertura boscosa, pues adecuadamente protegidos, la mayoría de estos terrenos pueden volver a ser bosques; algunos sin más inversión que la protección. Estos nuevos bosques pueden controlar la

erosión, restaurar la infiltración del agua de lluvia, almacenar nutrientes y desarrollar beneficios sistémicos. En un principio, se necesita protección contra incendios y pastoreo, principalmente; cuando los árboles alcanzan un tamaño utilizable, protección contra la explotación excesiva para leña y forraje.

La Convención del Comercio Internacional de Especies en Peligro (CITES) prohíbe el comercio internacional de ciertas especies de plantas y animales en peligro, a menos que no se arriesgue el carácter sostenible de su existencia. Actualmente forman parte de tal lista las siguientes especies de árboles de la América Tropical: *Abies guatemalensis*, *Balmea stormiae*, *Caryocar costaricense*, *Dalbergia nigra*, *Guaiacum officinale*, *G. sanctum*, *Oreomunnea pterocarpa*, *Platymiscium pleiostachyum*, *Podocarpus parlatorei*, *Swietenia humilis*, y *S. mahagoni*.

**Selección de productos.** Los productos o beneficios que se desea obtener de los bosques son críticos para su manejo. La producción forestal abarca la totalidad de los beneficios, incluso intangibles, como el aprecio del público por las oportunidades recreativas y educativas que proporcionen los bosques. Un buen manejo forestal debe tomar en cuenta estos intangibles, pues en última instancia depende de ellos, los afecta y es afectado por ellos. Los bosques manejados como fuente de información ecológica sólo necesitan protección y acceso para las investigaciones. Los bosques manejados por sus especies raras deben recibir una protección



**Fig. 2-19.** — *Diferentes variedades de rattan provienen de lianas de los bosques tropicales de la región del Asia y del Pacífico.*

**Cuadro 2-7.**—Productos no madereros aprovechados en bosques de la India

Producto	Número de especies forestales <sup>a</sup>	Producto	Número de especies forestales <sup>a</sup>
Medicina	1,800	Celulosa	44
Alimento humano	280	Cultivos de cobertura	26
Tinturas	112	Venenos de peces, pesticidas	24
Fibras	100	Bebidas	16
Taninos	78	Cuentas	13
Aceites grasos	75	Abono verde	11
Forrajes	75	Saponinas	10
Gomas y resinas	75	Látex	3
Canastos y bastones	60	Otros	>100
Aceites esenciales	44		

Fuente: Krishna Murthy 1967, 1974.

<sup>a</sup>Cantidad de especies diferentes usadas para cada propósito.

intensiva y ser accesibles para los estudios que puedan ayudar a preservar dichas especies. Los bosques usados para la educación o recreación del público necesitan tener un acceso seguro, instalaciones con los servicios necesarios, inventarios y controles de lo que se está exhibiendo y personal capacitado que asegure el uso adecuado y efectivo de las áreas.

La productividad de la vida silvestre quizás no sea el único objetivo del manejo forestal en muchas partes de América Tropical. Sin embargo, el manejo en general deberá asegurar el bienestar de la vida silvestre en el ecosistema. Todas las formas de vida animal juegan papeles significativos y a veces críticos en el ecosistema forestal, los cuales todavía no han sido suficientemente estudiados (p. ej. polinización, dispersión de semillas, descomposición y mantenimiento de la calidad del suelo). Los bosques albergan muchas especies de animales que desaparecerían si no persisten las condiciones necesarias.

Todos los bosques son significativos en cuanto a la conservación del suelo y del agua. Los bosques pueden dar una protección máxima al suelo y capturar la máxima cantidad de agua de lluvia, de la cual pueden extraer una cantidad máxima de energía, antes de descargar el agua que pasa a través de ellos (Hoover 1962). Estos atributos definen la necesidad de mantener ciertos bosques naturales sin perturbaciones innecesarias. En los bosques dedicados a la producción de bienes, la protección de las cuencas debería ser fun-

damental, en términos de las prácticas silviculturales y de aprovechamiento.

El uso directo más común del bosque es la madera y sus derivados. En los trópicos, el consumo de madera como combustible está en primer lugar, seguido por los productos de fibra, tales como el cartón y el papel, que aumenta rápidamente. Otros productos madereros de gran uso industrial incluyen: postes telefónicos y pilotes, madera de construcción, madera contrachapada y de enchapar, maderas para la construcción de muebles y gabinetes y maderas especializadas para tornería y fósforos.

El bambú es un material leñoso de uso limitado en el neotrópico. En Filipinas, el bambú se usa para la construcción de casas, vagones, enrejados, porta-remos, andamios, utensilios agrícolas, sombreros, canastas, sogas, trampas de pescar, esteras, muebles y papel (Fernández 1951). En Cambodia (Kampuchea), India, Indonesia, Paquistán y Tailandia también se usa para producir papel (Doat 1967).

Los bosques proporcionan leña para la mayor parte de la población del mundo. En 1992, se sacaron de los bosques del mundo unos 1,51 mil millones m<sup>3</sup> de madera para ser usados como leña y carbón (Anón. 1993b). La demanda en el hemisferio oriental es tan grande, que se han mantenido plantaciones de *Albizia lebbek*, *Bauhinia variegata*, *Dalbergia sissoo*, y *Prosopis juliflora*, a costa de un gasto público significativo, con el

fin de producir leña (Misra 1960, Singh 1951). En Asia Tropical existe una larga historia de producción de leña, donde sólo quedan 0,03 ha de bosques per capita (Anón. 1993b).

En el neotrópico también se usa la leña en gran medida; particularmente donde la población se concentra en sitios de clima seco. Algunas de las plantaciones más extensas y mejor manejadas de la región son las de *Eucalyptus* en Brasil, establecidas para abastecer la industria del acero. Debido a que el precio del petróleo importado aumenta cada vez más, se calculó el rendimiento potencial de las plantaciones de *Eucalyptus* como combustible (Anón. 1979c). Con una rotación de cinco años, se espera un rendimiento anual de 12 500 toneladas de madera por 1000 ha; esa cantidad de madera rendiría de 2,3 a 2,5 millones de litros de etanol, de 1 a 1,8 mil toneladas de coque metalúrgico de alta calidad, 2000 toneladas de forraje y 1,4 millones kg de dióxido de carbono. A partir de este cálculo, se llegó a la conclusión de que dos millones de hectáreas de *Eucalyptus* plantadas en 1979 proporcionarían suficiente etanol para remplazar el 19% del consumo de petróleo proyectado para el país en 1984 (Anón. 1979e). Según Grut (1975), las plantaciones de *Eucalyptus* en Sudáfrica han convertido cerca del 0,5% de energía solar en combustible útil.

Los requerimientos energéticos de la región indican que la demanda por leña sigue en aumento. El total de energía consumida a nivel mundial en 1976 era de 27,7 mil millones de julios (Burley 1980c), de los cuales la madera suministraba sólo el 1% (Earl 1975); el 66% se consumía en África (Burley 1980c), el 29% en Asia y el 20% en América Tropical.

La provisión de madera para leña, de por sí limitada en zonas secas, ha llegado a un nivel crítico en casi todos los países neotropicales. Muchas zonas de la región tienen un abastecimiento deficiente, y otras sufren de escasez aguda.

Donde existen otros combustibles más eficientes, la madera y el carbón se usan con menos frecuencia. Por unidad de peso, la madera secada al aire tiene menos de la mitad del valor calorífico del combustible fósil y sólo dos tercios del valor calorífico del carbón. Sin embargo, en los trópicos, la madera es el combustible más económico porque su costo consiste principalmente de la mano de obra; por consiguiente, el lugar de la madera para leña en la producción forestal a futuro parece

asegurada en los trópicos. Los combustibles alternativos suben de precio más rápidamente que la leña y generalmente son importados.

Los objetivos de las plantaciones energéticas valoran tanto la calidad como la cantidad. El valor calorífico de la madera aumenta con la densidad (una correlación de +0,99 por caloría por centímetro cúbico) (Doat 1977). Los valores máximos encontrados en maderas de Surinam fueron 1940 cal/cm<sup>3</sup> para *Cecropia surinamensis*, la cual tiene una gravedad específica de 0,42, y 5000 cal/cm<sup>3</sup> para *Tabebuia serratifolia*, que tiene una gravedad específica de 1,04 (Doat 1977).

El contenido de humedad de la madera es crítico para el calor neto disponible, porque eliminar la humedad consume calor. El rendimiento calórico neto de una madera con un contenido de humedad del 60% es aproximadamente un tercio menor que el de la madera con 20% (Murphy *et al.* 1981). Por consiguiente, el uso de madera verde puede anular los posibles beneficios que provienen de estimular el crecimiento forestal mediante tratamientos silviculturales (Cuadro 2-8; Anón. 1980g).

Los bosques húmedos tropicales pueden contener en 1 ha la energía térmica equivalente a más de 50 000 litros de petróleo (Catinot 1974). Las plantaciones de *Eucalyptus* en Brasil, que rinden de 30 a 40 m<sup>3</sup>/ha/año, producen una energía térmica equivalente a 5000-5500 litros de petróleo/ha/año.

Earl (1975) presentó muy buenos argumentos para el establecimiento de metas nacionales de producción para las plantaciones para leña en los trópicos. Indicó que si bien en zonas de bajos ingresos y escasa disponibilidad de combustibles, los rendimientos financieros de las plantaciones para leña son marginales, los beneficios sociales son muy grandes. De hecho, si se contrata a trabajadores subempleados y se les paga el sueldo que las instituciones forestales están obligadas a pagar, ese sueldo constituye en efecto un subsidio. La producción de madera para leña ocupa mucha mano de obra; por eso los sueldos pagados repercuten directamente en el sector rural.

El valor de la madera como sustituto de otros combustibles se ilustra gráficamente en un país tan densamente poblado como la India, donde se quema el estiércol de vaca como combustible. El estiércol como fertilizante tiene un valor de casi el doble que como fuente directa

**Cuadro 2-8.**—Efectos del contenido de humedad en el valor calorífico de la madera

Contenido de humedad <sup>a</sup> (%)	Valor calorífico (kcal/m <sup>3</sup> )	Pérdidas por humedad (%)
0	4,670	0
20	3,780	19
40	3,160	32
60	2,710	42
80	2,380	49
100	2,070	56

Fuente: Anón. 1980g.

<sup>a</sup>Con base en el peso seco.

de calor, pero sin embargo se lo quema debido a la escasez de leña (Sagreiya y Venkataramany 1962). Según Foot (1968a) para reemplazar el estiércol por leña en la India se necesitaría aumentar la producción de madera en 3,4 millones m<sup>3</sup>/año.

Las fuentes de leña dependen en parte de la presencia de otras industrias forestales. Donde hay una demanda por madera de aserrío y pulpa, las virutas se pueden vender como excedente para calefacción, aún si solamente representan el 10% del volumen de madera, o el 35% del volumen de pulpa. Así, sólo la madera no aceptable para estos otros usos se vende como combustible (Murphy *et al.* 1981). Además, las industrias de pulpa y aserrío crean residuos de bajo costo (tanto en el bosque como en el procesamiento) equivalentes al 50-70% del volumen de los árboles talados. Por consiguiente, la factibilidad económica de producir energía a partir de la madera pocas veces es de aplicación general; es necesario analizar caso por caso. Los cambios en el precio de los combustibles fósiles hacen necesaria una reevaluación periódica del potencial de los bosques como productores de energía.

Aparte de la leña, el producto de madera sólida más usado en el trópico son los postes para cercas. En las áreas ganaderas de leche y engorde es inteligente considerar entre los objetivos forestales la producción de postes para cercas. Las plantaciones se pueden establecer con espaciamentos cortos para obtener de un gran volumen de postes en los raleos. Los ingresos que genere la venta pueden aplicarse a la amortización de las inversiones que la plantación demanda. Para el

establecimiento de cercas vivas se necesitan especies de árboles que rebroten con facilidad y que sostengan de manera permanente los hilos de alambre. Pero, tales árboles sirven solamente en ciertos tipos de cercas, así es que siempre habrá mercado para postes.

La presencia en los bosques tropicales de maderas para la elaboración de muebles, de calidad superior a las de la zona templada ha provocado la exportación en gran escala. La madera de alta calidad para muebles proviene de tablas anchas de troncos de gran diámetro, o de hojas de enchapado obtenidas a partir de grandes troncos. Por eso, los tratamientos silviculturales del pasado privilegiaban la producción de grandes árboles. El propósito del manejo era distribuir el aprovechamiento del bosque primario a lo largo de un período suficientemente largo como para permitir la maduración de los árboles adolescentes, o el crecimiento de una nueva generación. Los datos de crecimiento demostraron que rotaciones de hasta 80 años serían necesarias para producir árboles con una medida de 90 a 120 cm a la altura del pecho, diámetros a los que se habían acostumbrado los importadores. Las famosas plantaciones de teca en Nilambur, India, han sido manejadas para producir con rotaciones de 80 años. Wyatt-Smith (1959) predijo una rotación de 70 años para su sistema uniforme en Malasia. El plan de manejo de los bosques naturales de Uganda también usa un sistema de rotación de 70 años (Dawkins 1958g).

El hecho de que sólo existían unos pocos árboles grandes comerciables en los bosques mixtos generó la pregunta de qué hacer con un volumen en pie del 90 al 95%, para el cual no había mercado. Las mejoras en el acceso, el aumento de la población y el mejor conocimiento de maderas poco usadas han creado mercados para una mayor cantidad de maderas tropicales. En algunas partes, existen mercados locales para la fibra del 90% de las especies arbóreas (Frisk 1979). Se han estudiado las propiedades y los posibles usos de cientos de maderas (Berni *et al.* 1979, Chudnoff 1984, Maineri *et al.* 1983). Este conocimiento ha abierto las oportunidades para el uso de más bosques naturales, la aceptación de una mayor cantidad de opciones, tales como la regeneración satisfactoria, las rotaciones más cortas y la extracción de productos intermedios. Particularmente significativo para este cambio ha sido el crecimiento del mercado de la celulosa; la madera de géneros de crecimiento rápido, como *Eucalyptus* y *Pinus*, son apropiadas para este mercado.

En relación con las rotaciones cortas, Baskerville (1966) advirtió a los profesionales forestales que no deben suponer que los madereros cosecharán el volumen máximo que una plantación pueda producir. Todos los procesos conocidos para la manufactura de madera son lineares; por eso, trabajar con árboles pequeños es más caro que trabajar con los más grandes. Las ganancias, por lo tanto, son directamente proporcionales al tamaño del árbol.

Un objetivo fundamental de la producción forestal tropical ha sido satisfacer las necesidades de madera de las aldeas rurales, una práctica que comenzó en la India en 1873 (Kapoor 1961), con el fin de eliminar el uso del estiércol de vaca como combustible. Se eligieron zonas para establecer bosques comunales donde la escasez de leña era aguda y había buenas expectativas de cooperación. Las zonas muy erosionadas y los bosques existentes se protegieron del pastoreo, y se establecieron protecciones contra incendios. También se utilizaron otros terrenos como los bordes de las carreteras, orillas de canales y cercas de los campos (Kapoor 1961). Se incluyeron además, árboles de sombra y plantas de jardín. Los bosques de las aldeas generalmente abarcan una extensión de 20 ha o más. Las especies de árboles incluyen *Prosopis* spp., *Casuarina* spp., y *Dalbergia sissoo* (Kaul y Maun 1977). El éxito de tales empresas depende de la cooperación y participación de los líderes del pueblo (Phillips 1961).

Las tendencias previsible del mercado de productos forestales y los requisitos sociales para los beneficios forestales deben determinar las metas nacionales con respecto al tamaño y tipo de bosque requerido. Lamb (1968c) vio la necesidad de metas de producción, directamente relacionadas con las futuras demandas, incluso las de exportación. Indicó que los bosques altos tropicales constituyen una fuente de maderas valiosas que no pueden producirse en ninguna otra parte del mundo. Los suministros ahora están seriamente agotados. Las presiones de las poblaciones hacen que en muchos países se busque producir madera en cada hectárea disponible y apropiada. La tendencia del consumo de la madera tropical se está apartando de los productos especializados para dirigirse más hacia la producción en gran escala. Sin embargo, la gran belleza y el valor decorativo de las maderas tropicales quizás continúen la demanda por productos especializados de madera tropical (Erfurth 1976).

**Metas de producción.** La producción forestal, como un cometido a largo plazo, requiere la definición de objetivo a largo plazo, quizás muy distintos entre sí y extensamente separados en el tiempo. El establecimiento de objetivos involucra ciertos factores relacionados sólo indirectamente con los bosques, pues se deben integrar consideraciones sociales, económicas y silviculturales. Hasta que no se definan los objetivos, ningún esfuerzo de producción forestal a gran escala, público o privado, será manejado correctamente.

En el pasado, la presencia o ausencia de una cobertura forestal determinó el destino de sociedades tradicionales (Sartorius y Henle 1968). La mala fortuna que han sufrido los pueblos tropicales se debe menos a insuficiencias de la naturaleza que a errores de la sociedad. Hay potencial para mejorar la deforestación tropical y sus consecuencias, a través de cambios que la sociedad misma desea. Para lograr este cambio, el enfoque de la planificación forestal se debe centrar en metas de alcance muy amplio (King 1968b).

Como observó Miller (1975), en esa época el manejo forestal tuvo la oportunidad de participar en empeños mundiales destinados a lograr el uso sostenible de los recursos naturales necesarios para la vida. Las iniciativas identificadas incluían asegurar la protección de las especies y terrenos forestales, determinar las estrategias de conservación, implementar prácticas adecuadas para satisfacer las necesidades de la población rural y restaurar los terrenos agotados.

La conservación requiere de la protección forestal legalizada, pero eso no es suficiente. Se estima que los parques y reservas naturales establecidos legalmente en Sudamérica abarcan 489 000 km<sup>2</sup>; casi tres veces la superficie reservada para ese propósito en los EE.UU. (Mares 1986). Sin embargo, gran parte de estas zonas no son productivas ni están adecuadamente protegidas. Para realzar la productividad forestal, además de la protección legal es necesario el manejo.

Las metas de producción forestal deben coordinarse a nivel mundial, ya que el interés propio de todas las naciones en materia social y económica inevitablemente está fusionado con el de todos los demás. En cada país, se debe coordinar la productividad forestal dentro del contexto de la economía local, considerando a la población, los terrenos, los alimentos, los demás

recursos y las tradiciones. La interacción de estos factores decidirá los objetivos nacionales de la productividad forestal.

En la planificación nacional, generalmente se subestiman los valores sociales y económicos de la producción forestal. La contribución de la madera a la producción nacional bruta en cualquier país (generalmente inferior al 10%) es poco realista (Sartorius y Henle 1968). La producción y procesamiento de madera se realiza en empresas multifacéticas que requieren muchos empleados y afectan a industrias relacionadas. Por consiguiente, inversiones para producir y procesar madera tienen una mayor influencia en la economía de lo que generalmente reflejan las estadísticas.

Tampoco se reconoce el posible aporte de la producción maderera a la balanza de pagos de las naciones en desarrollo. Los países en desarrollo enfrentan condiciones de comercio desventajosas que pueden ser aumentadas por el uso de navíos extranjeros. Además, el desarrollo del país se ve afectado también por el empleo de divisas en la importación de productos forestales que podrían ser producidos localmente. Las importaciones significan gastos repetidos, en tanto que para el procesamiento de materia prima local se requiere de un solo gasto inicial, aunque posiblemente mayor al inicio. Probablemente, ningún producto ofrece una mejor oportunidad para la inversión nacional, que favorezca una balanza de pagos más sana que la madera producida en el país mismo.

Las comparaciones tradicionales de costos y beneficios tienden a subestimar la producción forestal debido a que las tasas del descuento en largos períodos no son confiables y porque los beneficios forestales indirectos no pueden ser expresados en términos monetarios. Al evaluar el valor de las inversiones forestales, también se deben acreditar la oportunidad de empleo y las ganancias que esta genera.

En las naciones en desarrollo, la economía forestal debe cumplir funciones más extensas que en cualquier otra parte. Entre ellas, ofrecer el máximo de empleo a la población rural según su nivel de destreza. La industria más deseable en los países en desarrollo es la que genera empleos rápidamente y usa materias primas locales para la manufactura de productos de consumo local. El empleo quizás sea más importante que la productividad de bienes y servicios. La silvicultura y la regeneración

forestal, normalmente requieren grandes cantidades de mano de obra empírica y calificada para aumentar o mejorar el capital forestal: el bosque en crecimiento.

Los objetivos de producción también son afectados por la proporción utilizable del árbol, que depende del diámetro mínimo utilizable, del ancho del duramen y de la proporción de albura. Estas consideraciones también afectan la selección de especies, la rotación y los regímenes de poda y tala.

Otra fuente de diversidad en los bosques es de carácter genético. Existe una amplia gama de potencial genético. La manipulación genética puede producir árboles con características que no se encuentran en la naturaleza. Las modificaciones genéticas pueden generar árboles que prosperan en sitios actualmente marginales; de este modo se lograría aumentar el área forestal productiva. Para conservar estas opciones, se deben preservar distintos genotipos naturales de las poblaciones nativas de árboles.

El aserrado de madera sólida, a diferencia del procesamiento de otras materias primas, no requiere una maquinaria complicada y cara. Puesto que la materia prima es gruesa y pesada, el incentivo es ubicar los aserraderos en zonas rurales cerca de los bosques, que es precisamente donde más se necesita el desarrollo económico. Para productos como madera aserrada, enchapados y tableros de partículas de madera, se pueden operar exitosamente pequeñas unidades de producción que requieren poco capital y habilidades gerencial y que aprovechan destrezas tradicionales. Para los productos forestales, el valor de la materia prima y del empleo son relativamente altos; para los productos de madera aserrada, la materia prima puede representar entre el 50 y 75% del costo total de producción. Además, el aserrado de un metro cúbico de madera puede emplear de 10 a 15 horas de trabajo. La fabricación de madera contrachapada consume de 10 a 20 horas de trabajo por tonelada y no requiere maderas de alta calidad, agua limpia ni grandes suministros de energía. Además, una producción forestal enfocada de esta manera, puede fácilmente cambiar de dirección si en el futuro se imponen productos menos exigentes en cuanto a tamaño del árbol y especie.

Para los países en desarrollo, el empleo es tan importante que quizás sea mejor desestimar la competitividad entre alternativas y dar énfasis a la productividad como objetivo del manejo forestal (Sarto-

rius y Henle 1968). Los enfoques competitivos en el aprovechamiento de los recursos y la satisfacción de las demandas locales quizás no satisfagan las necesidades laborales; podría ser que la necesidad de crear empleos esté por encima de los rendimientos económicos directos. El efecto multiplicador de las operaciones vinculadas con la industria de la madera varía de 4 a 17 (Svanqvist 1976).

En relación con la mecanización, en los trópicos es deseable un menor grado de mecanización que en los países desarrollados, pues esta generalmente depende de maquinarias importadas y capacitación especializada (Sartorius y Henle 1968). Factores sociológicos (además de técnicos y económicos) deben ayudar a decidir cuál es el grado apropiado de mecanización.

La producción de madera y el desarrollo industrial local resultante, a pesar de su gran contribución, son objetivos sociales inadecuados para la forestería tropical. Las industrias forestales de los países en desarrollo deben tener el apoyo del público, una planificación sólida y medidas de seguridad adecuadas. Por su parte, las agencias forestales gubernamentales deben contar con metas y poder regulador de carácter amplio; de no ser así, el sector forestal avanza de manera descontrolada, en tanto que las débiles agencias forestales permanecen paralizadas.

**Silvicultura.** Hasta la fecha, los bosques tropicales se han manejado principalmente para la producción de madera, y no para otros productos o beneficios. La silvicultura, incluyendo el estímulo a la productividad de bosques secundarios y de la regeneración, se tratan en detalle en capítulos posteriores, pero su papel en relación con la producción del bosque se revisa en este capítulo.

El cultivo de bosques tropicales tuvo su origen con las prácticas de tribus primitivas, desafortunadamente, no quedan registros de esas prácticas. Parece cierto que el Imperio Maya en Centroamérica, una región de bosques deciduos durante ciertas estaciones, debe haber tenido regímenes de cultivo del bosque, tal como los tenían para cultivos agrícolas. La silvicultura, tal como se conoce hoy, fue llevada desde la zona templada a los trópicos del hemisferio oriental en 1855 (Parker 1923).

La silvicultura siempre ha sido aliada de la ecología forestal. Los profesionales forestales han ayudado a identificar los árboles y los tipos de bosques, y han

estudiado su reacciones al sitio y a las condiciones del bosque, tanto naturales como impuestas. Si la ecología era el enfoque, la silvicultura era la aplicación del mismo por parte de los forestales. Todo forestal de éxito, desde el conservador que dirige los programas forestales hasta el guardaparques que patrulla el bosque, podrían ser considerados como ecólogos practicantes. La mayoría no ha dejado registros del saber acumulado con sus observaciones personales; pero entre los principales trabajos publicados sobresalen Foxworthy (1909), Watson (1928) y Wyatt-Smith (1961a) en Malasia; van Steenis (1958) en Indonesia; Troup (1921) y Champion y Trevor (1938) en la India; Aubreville (1948) en África Occidental, y Beard (1944b), Holdridge (1947), Schulz (1960), Hueck (1972), de Graff (1986) y Lamprecht (1989) en América Tropical. El manual de silvicultura de Champion y Trevor (1938) es todavía la única fuente de datos ecológicos sobre los bosques de la India. Durante mucho tiempo, en la India se le ha llamado "ecología aplicada" al manejo forestal (Seth 1955). Casi toda la información técnica sobre producción forestal consiste del registro de la respuesta de los árboles a su ambiente, y la interpretación de tales reacciones en términos de una productividad comercial. Un viejo manual de silvicultura para diferentes tipos de bosque del hemisferio occidental (Fors y Reyes 1947), escrito para la Escuela Forestal de Pozos Dulces en Cuba, comienza con la ecología forestal como base fundamental de las prácticas recomendadas. Para cada informe publicado, hubo sin duda muchas conclusiones adicionales del personal nativo de campo, íntimamente familiarizado con los componentes y la conducta de sus bosques.

Aunque los manejadores de bosque pueden haber sido los primeros ambientalistas (Ghosh 1975), la sensibilidad creciente del público a toda perturbación del ambiente natural ha puesto al manejo forestal bajo la mirada atenta del público. El manejo tradicional de los bosques incluía el tratamiento diferenciado por especies, la intervención en bosques primarios irremplazables, la corta a tala rasa en zonas visibles al público, el establecimiento de plantaciones puras, la introducción de especies de árboles exóticos, el uso del fuego para reducir peligros y el uso de herbicidas y pesticidas (Ovington 1974). A pesar que estas prácticas pueden incrementar la producción de madera y ser aceptables bajo ciertas circunstancias, ninguna de ellas es ampliamente aceptada por el público en estos días. Los manejadores de bosque deben reducir el impacto ecológico adverso en la planificación preliminar y

discutir las propuestas con el público en sus propios términos. De otro modo, habrá que lidiar con la crítica razonable o emocional del público.

El manejo forestal a menudo se percibe como de carácter puramente explotador, obsesionado por el rendimiento máximo de la madera, y preocupado nada más en apariencia por otros valores del bosque. Algunas prácticas forestales apropiadas para el manejo de bosques silvestres, en realidad son una forma de conversión; sin embargo, los méritos del manejo de bosques no han sido adecuadamente justificados ante el público. Los aspectos silviculturales del manejo van más allá de la aplicación de conocimientos ecológicos. La cantidad de energía fijada anualmente por los bosques tropicales puede ser grande, pero sólo si se aplican principios silviculturales sólidos y prácticos se logrará un aumento cualitativo y cuantitativo en la producción de madera. Los responsables del desarrollo de cultivos forestales “desde la semilla hasta la madera aserrada” deben ser generalistas más que especialistas, pero deben también aprovechar de la experiencia de los especialistas para obtener beneficios máximos del bosque (Singh 1960). Mientras manejan los árboles de la próxima cosecha, también deben explorar el potencial del mejoramiento genético para aumentar la productividad.

Un aspecto final de la producción forestal es el servicio directo que presta a la agricultura, incluyendo el uso de bosques y árboles como forraje, protección y rompevientos, sombra para cultivos y rehabilitación de pantanos. En las zonas secas del hemisferio oriental es donde más se han usado los bosques para la producción de forraje, en combinación con la producción de madera para leña. El follaje y las vainas de *Prosopis juliflora* (Singh 1951) y el follaje de *Leucaena leucocephala* sirven como alimento para el ganado (Singh 1951). Otras especies forrajeras usadas en la India incluyen *Acacia arabica*, *Azadirachta indica*, *Bauhinia variegata* y *Zizyphus jujuba* (Chaturvedi 1948).

Como rompevientos, los árboles protegen a los cultivos y, por consiguiente, aumentan el rendimiento de las cosechas. Por ejemplo, en Ecuador, maizales protegidos por bosques registraron un rendimiento del 20% más que en campos no protegidos (Anón. 1955b); los géneros usados fueron *Cupressus* y *Pinus*. En Perú, *Eucalyptus globulus* se usa comúnmente como rompeviento. Especies de *Erythrina* e *Inga* se usan extensamente para proporcionar sombra a las plantaciones de café en Costa

Rica, El Salvador, Puerto Rico, Surinam, Trinidad y Venezuela; *Cordia alliodora* se usa también en Colombia y Costa Rica. En Uganda, donde el drenaje de los pantanos para el control de los mosquitos es deseable pero costoso, se ha comprobado la efectividad de plantaciones de *Eucalyptus* y *Senna siamea* (Dale 1943).

**Ejemplos de diversidad forestal.** Las posibilidades de la producción forestal son tan diversas como las condiciones y las necesidades humanas en los trópicos. Los bosques mismos, según se ha visto, son diversos, con variaciones que van desde densos bosques pluviales a bosques de matorrales y sabanas. Los bosques naturales más pobres quizás sean los que más requieran atención, debido al papel que juegan en la estabilidad de los terrenos, y posiblemente como única fuente de leña. Tales bosques han sido diversificados aún más por la intervención humana, lo que conduce a una gran sucesión de bosques secundarios que difieren en características, productividad y utilidad.

La extensión de los bosques de un país influye en los objetivos de producción. Los bosques extensos requieren un manejo de intensidad diferente a la de un bosque pequeño. Por ejemplo, los bosques secundarios extensos pueden manejarse con base en la regeneración natural y pocos insumos y bajo rendimiento, proporcionando un empleo rural geográficamente disperso. Donde los bosques nativos son menos extensos, se pueden necesitar plantaciones de alto rendimiento por unidad de zona forestal (Earl 1975).

La estructura diversa de los bosques naturales puede también influir en la producción. Los rodales pueden clasificarse como positivos, neutrales o negativos dependiendo de cómo se relaciona con la curva de Liocourt, el número de tamaños de árbol (Sammi 1961). Esta curva es una progresión logarítmica constante de tres números, que abarca los tamaños de árbol desde los más grandes a los más pequeños. Los rodales positivos tienen un exceso de árboles pequeños de especies comerciales que se regeneran de manera natural; los bosques negativos, no. Por consiguiente, en estos deben aplicarse métodos que aseguren la regeneración, y ajustar los objetivos en términos de productos y rendimientos. Un ejemplo es un bosque rico en *Virola*, pero con pocos o ningún árbol pequeño de esta especie. Si no se induce silviculturalmente la regeneración de esta especie, es muy posible que al cosechar los árboles maduros de *Virola* se favorezca el crecimiento de otras especies, posiblemente menos útiles.

La variación local en la capacidad del sitio para producir distintas especies de árboles, sostener un crecimiento rápido y rendir árboles comerciales, también afecta las metas de producción. La teca en el neotrópico, por ejemplo, según el sitio, produce a los 30 años, árboles que varían de 3 a 30 m de altura, con un crecimiento anual promedio de 1 a 11 m<sup>3</sup>/ha (Keogh 1979). Las ventajas de los mejores sitios son obvias.

Los extremos ambientales, tales como la frecuencia de huracanes, o períodos de alto riesgo de incendio, pueden influir en el largo de la rotación, especies usadas, densidad del rodal y prácticas silvícolas (Gane 1970).

Finalmente, cuando una prioridad del gobierno es aumentar el empleo, el tipo de bosque producido puede ser de naturaleza crítica. De acuerdo con un estimado, el empleo máximo que genera un bosque regenerado de manera natural es de 1 persona por cada 100 a 125 ha (Svanqvist 1976). Las plantaciones de rotación corta, por el contrario, pueden emplear 1 persona por cada 15 a 20 ha. Cultivos mixtos de alimentos y árboles de larga rotación pueden emplear 1 persona por cada 7 a 18 ha, pero gran parte de la mano de obra se atribuiría al cultivo agrícola.

Las experiencias adquiridas en Malasia demuestran que el manejo forestal puede lograr varias metas de impacto nacional (Wyatt-Smith y Vincent 1962b). Entre ellas se encuentra la salvaguarda de los suministros de agua, la prevención de la erosión e inundación de los terrenos agrícolas, y el suministro, a perpetuidad, de todo tipo de productos forestales que puedan ser producidos con bajo costo en el país y que sean necesarios para propósitos agrícolas, domésticos e industriales.

En Sudáfrica, se tuvieron que tomar medidas extremas porque grandes extensiones del país están desprovistas de árboles (Anón. 1966a). Así, se introdujeron especies de árboles apropiadas para los mercados de madera, además de la tecnología para cultivarlas sin generar pérdidas; finalmente, la madera de las plantaciones se tuvo que convertir en productos que compiten con las importaciones.

En Trinidad, un análisis del potencial de la producción forestal demostró que existen grandes posibilidades de empleos futuros (Gane 1969). La expansión de las plantaciones de protección de 160 a 200 ha/año podría

crear, a 60 años plazo, el doble del empleo que actualmente generan los bosques y sus productos. No obstante, el aumento de las plantaciones de pino y teca de 280 a 320 ha/año produciría aún mayores oportunidades: para la producción y procesamiento de la teca se requeriría el doble del empleo que generan las plantaciones de protección, mientras que el pino le superaría en siete veces.

En Uganda, el análisis de los requerimientos nacionales de madera esclareció las metas del manejo forestal (Dawkins 1958e). Debido a que se necesitaría una mayor cantidad de madera en el futuro y ya que la importación no era una opción económica, la producción local era de carácter imperativo. Sin embargo, las plantaciones resultaron tan caras, que aún si su productividad fuese enorme, su establecimiento muy probablemente sería muy lento; por lo tanto, se consideró que los extensos bosques naturales serían la fuente primaria de madera. Los objetivos forestales fueron los siguientes (Dawkins 1958e):

- El dos por ciento del bosque se mantendría como reserva para la preservación de su desarrollo natural.
- Los bosques protegerían la recreación, agricultura y suministro de agua.
- La producción de madera se supeditaría a las necesidades de protección y no se emprendería donde la preservación de la naturaleza fuese un objetivo.
- La producción de madera debería ser suficiente para satisfacer las distintas necesidades de la población.
- Se daría énfasis a las maderas fuertes, fáciles de trabajar y preferiblemente permeables, útiles para la construcción de edificios y muebles.
- Se trataría de maximizar la eficiencia de la producción.

Los objetivos del manejo forestal en el neotrópico deben ser multidimensionales y muy diversas. Lo importante es reconocer la necesidad imperativa de establecer objetivos (1) firmemente establecidos y estables, (2) tecnológicamente sólidos, (3) socialmente aceptables, y (4) sujetos a la selección, preparación, ejecución y evaluación de proyectos y actividades forestales.